

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Katedra environmentálního inženýrství

**REPRODUKTIVNÍ POTENCIÁL ZLATOBÝLU KANADSKÉHO
(SOLIDAGO CANADENSIS) V PODMÍNKÁCH
STRUSKO-POPÍLKOVÉHO ODKALIŠTĚ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:

Bc. Ludmila Majewská

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Hana Švehláková, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Department of Environmental Engineering

**REPRODUCTIVE POTENTIAL OF THE SPECIES SOLIDAGO
CANADENSIS AT SLAG AND FLY ASH DEPOSITS**

DIPLOMA THESIS

Author:

Bc. Ludmila Majewská

Supervisor:

Ing. Hana Švehláková, Ph.D.

Ostrava 2020

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Ludmila Majewská

Studijní program:

N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3904T005 Environmentální inženýrství

Téma:

Reproduktivní potenciál zlatobýlu kanadského (*Solidago canadensis*) v
podmínkách strusko - popílkového odkaliště
Reproductive Potential of the Species *Solidago canadensis* at Slag and
Fly Ash Deposits

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl diplomové práce
2. Charakteristika odkaliště v Dolní Líštné
3. Rešerše literárních zdrojů (biologie a ekologie *Solidago canadensis*)
4. Metodika
5. Výsledky
6. Diskuze
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- CHYTRÝ, M. Katalog biotopů České republiky: Habitat catalogue of the Czech Republic. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2010. ISBN 978-80-87457-03-0.
- KABUCE, N. a N. PRIEDE. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet: *Solidago canadensis*. Online Database of the European Network on Invasive Alien Species[online]. NOBANIS, 2010. Dostupné: <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/s/solidago-canadensis/solidago-canadensis.pdf>
- LIPSKÝ, Z. a T. MATĚJČEK. Rostlinné invaze v naší krajině. Geografické rozhledy. 004, 13(4).
- MLÍKOVSKÝ, J. a P. STÝBLO, ed. Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha: ČSOP, 2006. ISBN 80-86770-17-6.
- MORAN, E. V., A. REID, J. M. LEVINE a T. CHIANG. Population genetics and adaptation to climate along elevation gradients in invasive *Solidago canadensis*. PLOS ONE [online]. 2017, 12(9), e0185539-. DOI:10.1371/journal.pone.0185539. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0185539>
- ŠUTOVSKÁ, M., P. CAPEK, M. KOČMÁLOVÁ, S. FRAŇOVÁ, I. PAWLACZYK a R. GANCARZ. Characterization and biological activity of *Solidago canadensis* complex. International Journal of Biological Macromolecules [online]. 2013, 52. DOI: 0.1016/j.ijbiomac.2012.09.021. ISSN 01418130.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Hana Švehláková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020



doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení autora diplomové práce

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 31.5. 2020

.....
Ludmila Majewská

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat všem, kteří přispěli svou energií k vytvoření této práce – především paní doktorce Haně Švehlákové za odborné a pohodové vedení a pomoc se vzorky, paní Ing. Martině Nováčkové za spektrometrickou analýzu vzorků, svým blízkým za zázemí, pomocnou ruku, asistenci při terénních pracích, a zvláště tatínkovi za vyrobení pastí a svému příteli za pomoc s jejich instalací. Ze srdce všem děkuji.

Anotace

Práce se zabývá reproduktivním potenciálem a šířením invazního rostlinného druhu *Solidago canadensis* (zlatobýlu kanadského) v prostředí složiště teplárenského odpadu, a to v kontextu celkového vývoje vegetace na odkališti v Třinci – Dolní Lištné.

Rešeršní část uvádí historii, využívání a charakter současných přírodních podmínek zájmového území, dále stručně vysvětluje problematiku nepůvodních druhů a invazních rostlin, a především se věnuje biologickým a ekologickým vlastnostem a dalším životním souvislostem studovaného druhu *S. canadensis*.

Část věnovaná výzkumu popisuje metodiku všech terénních, laboratorních a statisticko-výpočetních prací. Výsledky vegetativních a generativních projevů šíření zlatobýlu kanadského v zájmovém území jsou vyjádřeny pomocí pokryvnosti, počtnosti a výšky jeho prýtů, procesem kvetení a plození, plodností lat, deštěm jeho semen a také půdní semennou bankou. To vše doplňuje fytocenologická analýza nadzemní vegetace, zařazení a charakter fytocenóz spolu s jejich alfa diverzitou a také stav vybraných půdních vlastností zjištěných WD XRF a síťovou analýzou.

Klíčová slova: odkaliště, *Solidago canadensis*, reprodukce, fytocenologická analýza, půdní semenná banka, uhelný popel, ekologická sukcese.

Summary

The diploma thesis deals with the reproductive potential and spread of the invasive plant species *Solidago canadensis* (Canadian goldenrod) in the waste pond environment, in the context of overall vegetation development at slag and fly ash deposits in Trinec – Dolní Líštná.

The theoretical part is about history, former use and current character of natural conditions in the area of interest; this part also briefly explains the issue of non-native species and invasive plants and mainly deals with biological and ecological properties and other life contexts of the studied species *S. canadensis*.

The research section describes the methodics of all field, laboratory and software-statistical works. The vegetative and generative spread manifestations results (of the Canadian goldenrod in the interest area) are expressed by coverage, abundance and shoot height, flowering and seed maturation process, panicle fertility, seed rain and also by soil seed bank. All this is complemented by aboveground vegetation phytosociological analysis, classification and character of phytocenoses with their alpha diversity, as well as selected soil properties condition determined by WD XRF analysis and sieve analysis.

Key words: waste pond, *Solidago canadensis*, reproduction, phytosociological analysis, soil seed bank, coal ash, ecological succession.

OBSAH

1	Úvod.....	1
2	Charakteristika odkaliště v Dolní Líštné	2
2.1	Historie území, vznik, využívání a popis odkaliště.....	2
2.1.1	Charakter ukládaného kalu	3
2.1.2	Odkaliště dnes	4
2.2	Přírodní podmínky území.....	5
2.2.1	Klimatické poměry	5
2.2.2	Poměry geomorfologické a geologické	6
2.2.3	Pedologické poměry	6
2.2.4	Hydrologické poměry	7
2.2.5	Vegetace	8
3	Nepůvodní druhy a ekologické invaze rostlin	9
3.1	Základní pojmy	9
3.2	Problematika nepůvodních druhů a invazních rostlin	11
4	Biologie a ekologie druhu <i>Solidago canadensis</i>.....	14
4.1	Taxonomické zařazení druhu	14
4.2	Popis druhu.....	14
4.3	Původ a geografické rozšíření	17
4.4	Výskyt druhu a biotop	17
4.5	Proces rozmnožování a šíření druhu	18
4.6	Podmínky prostředí ovlivňující růst a šíření druhu	20
4.7	Interakce druhu a půdního prostředí	22
4.7.1	Makroživiny v půdě (N, P, K, Ca).....	22
4.7.2	Kontaminanty v půdě (PAH, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd)	23
4.7.3	Alelopatie druhu a organismy v půdě.....	24
4.8	Vliv druhu na faunu	26
4.9	Vztah druhu a člověka.....	26
4.10	Příbuzné druhy a jejich křížení	27
5	Metodika.....	29
5.1	Terénní práce na odkališti v Dolní Líštné	29
5.1.1	Průzkum terénu a výběr studijních ploch	29
5.1.2	Charakteristika ploch FC a plošek MP	31
5.1.3	Fytocenologická analýza	43
5.1.4	Monitorování výšky prýtů, počtu jedinců a pohlavní reprodukce.....	43
5.1.5	Děšť semen	44
5.1.6	Odběr půdních vzorků	45
5.2	Laboratorní práce	46
5.2.1	Půdní semenná banka	46
5.2.2	Zjišťování plodnosti lat	47

5.2.3	Prvková analýza půdy.....	48
5.2.4	Sítová analýza půdy.....	50
5.3	Softwarové a statistické zpracování dat	51
5.3.1	Určování odvozených společenstev a diverzity	51
5.3.2	Zápis a editace ostatních terénních a laboratorních dat.....	52
6	Výsledky	53
6.1	Odvozená společenstva a alfa diverzita	53
6.2	Vegetativní charakteristiky zlatobýlu kanadského.....	56
6.2.1	Pokryvnost.....	56
6.2.2	Výška a počet prýtlů	56
6.3	Generativní charakteristiky zlatobýlu kanadského	58
6.3.1	Proces kvetení a plození	58
6.3.2	Plodnost lat	59
6.3.3	Děšť semen	60
6.3.4	Půdní semenná banka	61
6.4	Půdní aspekty prostředí	62
6.4.1	Chemické složení půdy.....	62
6.4.2	Zrnitost půdy	64
7	Diskuse.....	65
7.1	Vegetativní projevy šíření zlatobýlu kanadského	65
7.2	Generativní projevy šíření zlatobýlu kanadského	67
7.3	Vybrané půdní vlastnosti a jejich vztah k zájmovému druhu	69
7.4	Odkalištní společenstva, jejich diverzita, vztah k PSB a vývoj	70
8	Závěr	73
	Seznam použité literatury	74
	Seznam použitých zkratk.....	80
	Seznam uvedených rostlinných taxonů	80
	Seznam obrázků	81
	Seznam grafů	82
	Seznam tabulek.....	82
	Seznam příloh	83

1 ÚVOD

Cílem této diplomové práce je zhodnotit reprodukční možnosti, vývoj a aktuální stav populace rostlinného druhu *Solidago canadensis* (zlatobýlu kanadského) v prostředí úložiště odpadu z energetiky v kontextu celkového vývoje zájmového území na Třinecku.

Solidago canadensis se v Česku řadí mezi tzv. invazní druhy. V současnosti je problematika invazních druhů velmi aktuální, a to nejen z důvodu rychlých a nečekaných změn v naší krajině a ohrožení původních druhů a biotopů, ale také kvůli dopadům mnohem širšího záběru. Je stále otázkou, jak s těmito druhy nakládat, co s naší flórou a faunou mají opravdu do činění, do jaké míry jejich šíření ovlivňuje sféry lidské společnosti a jaký bude jejich další vývoj. Zvolený druh byl předmětem zájmu již v předchozí bakalářské práci a v rámci této práce se jeho studium rozšířilo a prohloubilo.

Existence strusko-popílkového odkaliště představuje potenciálně vhodné prostředí pro invazi tohoto druhu, neboť se jedná o člověkem vytvořené dílo. Lidskou činností ovlivněná rostlinná společenstva jsou podle zkušeností mnoha odborníků ideální příležitostí pro expanzi nepůvodních druhů, které jinak do stabilních ekosystémů pronikají s obtížemi. Složiště odpadu z energetiky je navíc prostor, který původní vegetaci zcela zničil a po uzavření poskytl prostředí zcela nové a v okolní krajině Dolní Lítné velmi specifické. Zdejší přítomnost *S. canadensis* je v povědomí již několik let a stojí za pozornost, jak se místní populace tohoto druhu vyvíjí, zda a jakým způsobem se šíří a co to znamená pro sukcesní vývoj odkaliště.

Diplomová práce se postupně zabývá nejprve charakteristikou zájmového území (z hlediska historie, vývoje a přírodních podmínek prostředí), dále stručně pojednává o problematice invazních druhů rostlin, načež následuje kapitola věnovaná samotnému zájmovému druhu. Zde je text zaměřen na proces reprodukce, podmínky šíření a interakci druhu se svým okolím. Praktická část je uvedena metodikou všech terénních, laboratorních a softwarově-statistických prací, na něž navazují výsledky seříděné do skupin vykazující určená společenstva rostoucí na odkališti (spolu s vyjádřením jejich rozmanitosti), dále vegetativní a generativní projevy šíření druhu *S. canadensis* a v poslední řadě výsledky vybraných půdních charakteristik. Zjištěné poznatky jsou pak v rámci diskuse porovnány se závěry jiných autorů i s předchozím výzkumem autorky samotné.

2 CHARAKTERISTIKA ODKALIŠTĚ V DOLNÍ LÍŠTNĚ

Terénní výzkum pro tuto práci probíhal na území strusko-popílkového odkaliště, nacházejícího se v katastru obce Třinec (Moravskoslezský kraj), konkrétně v části Dolní Líštná – přibližně 600 m severovýchodně od vrchu Jahodná (407 m n. m.) (Ladányi, 2008), v nadmořské výšce cca 350 až 404 m. n. m. (Wojnarová, 2017). Zájmovou lokalitu lze vidět na Obrázek 1.



Obrázek 1: Mapa zájmové lokality (Mapy.cz, 2020 – upraveno autorem)

2.1 Historie území, vznik, využívání a popis odkaliště

Před osídlením lidmi rostl v této lokalitě les. Ten byl s příchodem člověka postupně kácen a na holých plochách se zde objevily louky a pastviny. Poté přišlo období průmyslového rozvoje na Třinecku a vzniku zdejších železáren. Ty časem potřebovaly na svůj provoz větší dodávky tepla a energie – z tohoto důvodu byla roku 1962 postavena v průmyslovém areálu teplárna E3. Jako palivo jí sloužilo černé uhlí, a tak v teplárně musel po jeho spalení nevyhnutelně vznikat také nežádoucí odpad (Bobková, 2010).

Problém vyřešilo vybudování odkaliště. Toto vodohospodářské dílo vzniklo přehrazením místního údolí pětimetrovou kamenitou hrází. Vznikla tak základní terasa

nového kaliště, kam byl hydraulicky pomocí kalovodu (popelovodu) dopravován odpadní materiál z teplárny. Jednalo se o směs především vody, strusky a popílku o různých velikostních frakcích. Množství ukládání tohoto nežádoucího materiálu se pohybovalo okolo 100 000 tun ročně. S postupným navršováním odpadu vznikala hrázový systém s konečným počtem 13 úrovní, jehož výška se vyšplhala až na 38 m (Bobková, 2010).

Historický vývoj území v ortofotosnímcích z let 1958, 2000 a 2019 je zachycen v Příloha 1.

2.1.1 Charakter ukládaného kalu

Samotný teplárenský kal bývá tvořen dopravní vodou, tuhou složkou a také plynnou fází. Plyny se postupně uvolňují do atmosféry, tuhá fáze postupně sedimentuje a odsazená voda se jednoduše vypařuje, nebo prosakuje níže do podloží (Votruba, 1984).

Tuhá část směsi byla pravděpodobně tvořena především **popelem** (o zrnitosti větší než 2 mm), což je obecný název pro tuhý zbytek vznikající při spalování pevných paliv. Mezi ně patří i černé uhlí, které bylo používáno v třinecké teplárně. V popelu se dá rozlišovat **škvára**, což jsou spečené tuhé zbytky o velikosti cca 100 mm a více, a **struska**, tedy sklovité a porézní zbytky o zrnitosti většinou do 20 mm, často i 40 mm a více. Další tuhou složkou směsi byl jemný **popílek** (se zrností 0,02-2 mm) a ještě jemnější **úlet** (s charakterem prachu a zrností menší než 0,02 mm) (Votruba, 1984).

Z **chemického hlediska** bývá černouhelný popílek tvořen hlavně oxidem křemičitým a hlinitým, v menší míře také oxidem železnatým, draselným, hořečnatým, vápenatým, sírovým a trochu také oxidem sodným a titaničitým (Fečko et al., 2003). Ve stopovém množství se v něm vyskytují prvky jako Cr, Zn, Ni, Pb, Ba, Hg, Ag, Mn, Se nebo As (Maršálková et al., 2009). Působením povětrnostních podmínek se však jejich obsah postupně snižuje (Wojnarová, 2017). Kotelní struska je na tom obdobně a bývá tvořena hlavně oxidem křemičitým, železitým, vápenatým a příměsí Ca, Mg a sulfidů (Dobeš, 2013). Chemický strusko-popílkový materiál nebývá příliš aktivní, ale může mít kontaminační účinky. Např. oxidy síry mohou při styku s vápníkem kontaminovat vodu i půdu. Výluh z popela většinou obsahuje chloridy a sírany, a navíc – popel může být lehce radioaktivní (Votruba, 1984).

Po sedimentaci a vyschnutí kalu pak směs těchto složek **strukturou** připomíná písčité či štěrkovité zeminy, ovšem obsah organických látek je malý (Votruba, 1984). Struska je navíc oteruvzdorná, ostrohranná až střepovitá, odolná vůči povětrnostním vlivům a tmavé barvy (Dobeš, 2013).

2.1.2 Odkaliště dnes

Jako složiště odpadu fungovalo odkaliště od oněch 60. let až do roku 1998, přestože původně se počítalo s ukládáním odpadu až do roku 2015 (Bobková, 2010). Popel, který se původně považoval jen za odpad, našel široké uplatnění ve stavebnictví, tudíž se s jeho ukládáním na odkaliště přestalo (Wojnarová, 2017).

Po skončení ukládání odpadního kalu se plocha odkaliště nechala vysoušet a postupně se rekultivovala. Starší stupně (terasy) hrázového systému byly zahumusovány, některé osety travní směsí a ty nejspodnější zalesněny. V současnosti správu území odkaliště zajišťuje společnost Energetika Třinec a.s. (Bobková, 2010).

Současná výměra odkaliště je sporná – záleží na tom, co se ještě počítá k jeho území. Ladányi (2008) považuje za hranici účelové cesty, které vymezují plochu 7 ha. Bobková (2010) uvádí rozlohu odkaliště 11,8 ha. Podle vlastního měření z online map (Mapy.cz) zaujímají všechny úrovně odkaliště (vymezené příjezdovými cestami a okrajovou stezkou pro pěši) celkem 25,3 ha, přičemž nejvýše položené nejmladší plochy pokrývají 12,4 ha. Právě toto přibližně 12 hektarové území se mezi lidmi chápá jako dnešní odkaliště (viditelné na Obrázek 2).

Terasy hrází jsou vysoké 3 m a široké přibližně 5-7 m. Díky systému postupného navrhování má dnes celý hrázový systém, jak již bylo zmíněno, výšku 38 m (což vzhledem k zalesnění není v terénu příliš zřetelné). Nejvýše položená okrajová hráz (viz Obrázek 2) je široká 4,5 m a je odvodňována – to zajišťuje štěrkový filtr a drenáž, zajišťující rovněž stabilitu hráze.

V jihovýchodním koutu odkaliště se rozprostírá vodní plocha, jakýsi zbytkový „rybník“ napájený srážkovou vodou. Výška hladiny je regulována přepadovou věží, kterou odtéká vratná voda do recipientu (Bobková, 2010). Nedaleko, na okraji složiště v terénní prohlubni, se ještě nachází malý vodní útvar připomínající celoroční tůň.

Úložiště popílku je v současnosti využíváno místními obyvateli k příležitostné rekreaci. Zůstává však jako záložní plocha pro případ, že by opadl zájem odběratelů o výše popsaný odpad (Wojnarová, 2017).



Obrázek 2: Pohled na odkaliště z příjezdové cesty a okrajová hráz složiště (Majewská, 2020)

2.2 Přírodní podmínky území

Pro úplnost je důležité charakterizovat zájmové území také z hlediska klimatických, geomorfologických a dalších přírodních poměrů.

2.2.1 Klimatické poměry

Podle Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al., 2007) se nachází nejbližší klimatologická stanice v Ropici a srážkoměrná stanice v Trinci. Základní charakteristiky klimatu v zájmové oblasti ukazuje Tabulka 1.

Tabulka 1: Vybrané charakteristiky klimatu v zájmové oblasti (Tolasz et al., 2007)

průměrná roční teplota vzduchu	7-8 °C
průměrné datum prvního mrazového dne	10.-20.10.
průměrné datum posledního mrazového dne	20.-30.4.
průměrný roční počet tropických dní	4-7 dní
průměrný roční počet dní s přechodem přes 0 °C	60-80 dní
průměrný roční úhrn srážek	800-1000 mm
průměrný roční počet dní s kroupami	1,5-2,0 dní
průměrný sezonní počet dní se sněhovou pokrývkou	60-80 dní
průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	75-80 %
průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu	1400-1500 h
průměrná roční rychlost větru	3-4 m·s ⁻¹

2.2.2 Poměry geomorfologické a geologické

Z hlediska **geomorfologie** lze zájmové území zařadit následovně (Demek et al., 2006):

- **systém:** Alpsko-himalájský
- **provincie:** Západní Karpaty
- **subprovincie:** Vnější Západní Karpaty (IX)
- **oblast:** Západní Beskydy (IXE)
- **celek:** Slezské Beskydy (IXE-5)
- **podcelek:** Čantoryjská hornatina (IXE-5A)
- **okrsek:** Nýdecká vrchovina (IXE-5A-a)

Lokalita Nýdecké vrchoviny je členitá a samotné odkaliště je vklíněno do údolí vzniklého z okrajových svahů vrchů Vružná a Jahodná (jak je částečně vidět i na Obrázek 1), kdy směrem na Jahodnou se území poměrně příkře vzdouvá. Svah Vružné je poněkud pozvolnější. Severozápad území postupně klesá k místnímu vodnímu toku.

Geologické hledisko není příliš podstatné, neboť území odkaliště je od podloží separováno. Za zmínku však stojí, že v zájmové lokalitě se nacházejí především čtvrtohorní sedimentární horniny – konkrétně **hlíny, spraše, písky a štěrky**. Dále se zde rozprostírají také mezozoické alpinsky zvrásněné sedimentární horniny – **pískovce, břidlice a jílovce**. Tyto horniny se v místních masivech mnohonásobně a rytmicky střídají a mají příkrovovou stavbu, čímž tvoří tzv. flyš (Dzivá et al., 2016).

2.2.3 Pedologické poměry

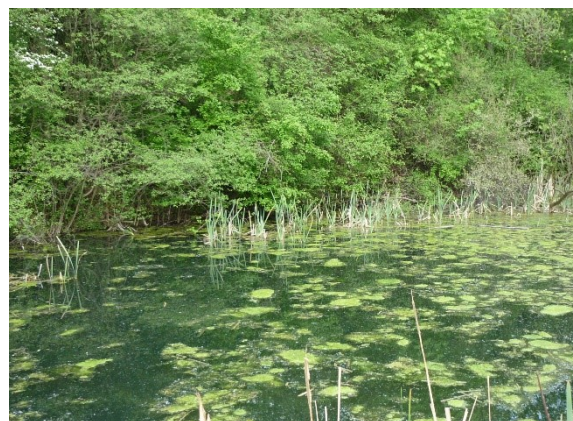
Plocha odkaliště nemá s původními půdními podmínkami mnoho společného, neboť stavba překryla povrch terénu. V přílehlém okolí se však přirozeně vyskytuje **kambizem eutrofní** na svahovinách čedičů (KAe24) a dále směrem k říčce Líštnici i **pseudoglej modální** na polygenetických hlínách a glaciálních uloženinách (PGm07) (geoportal.gov.cz, 2020). Kambizem eutrofní je bohatá na zvětravatelné bazické minerály a vzniká v podmínkách příznivých pro tvorbu kvalitního humusu. Jedná se o pestrý půdní typ vytvářející se pod listnatými a smíšenými lesy. Typický je pro pahorkatiny a vrchoviny. Pseudoglej modální se vytváří v podmínkách periodického zavodňování a vysušování – nejčastěji v terénních pokleslinách či plošinách, často blízko vodních toků, kde je navíc špatně propustný půdní profil (Němeček et al., 2008).

Samotný prostor složiště však tyto půdní typy netvoří. Původ zeminy použité při rekultivaci starších hrází je neznámý a nejvyšší terasy byly většinou ponechány bez obohacení půdou. Tvoří je tedy hlavně různé frakce popele z vyschlého kalu – struska, škvára, popílek a úlet, které jsou velmi propustné a mají jen minimum organického podílu (Votruba, 1984). Většina území odkaliště se dá tedy zařadit jako **antropozem**.

Z chemického hlediska jsou tyto zdejší půdy, podle výzkumu Wojnarové (2017), chudší na hořčík – výsledek snadné propustnosti substrátu. Naopak obsah síry je zde vysoký. Nadprůměrné množství bylo zaznamenáno také u železa. Pacner (2005) v rámci své práce zaměřené na obsah těžkých kovů v plodnicích některých druhů hub zaznamenal v odkalištní půdě zvýšené koncentrace olova, kadmia a místy také zinku. Březina (2013) v obdobné práci potvrdil silnou kontaminaci zdejší půdy. Ze sledovaných kovů překračovaly tehdejší legislativní limit prvky Zn, Cd, Cu a Pb. Tyto prvky silně absorbovaly i zkoumané stopkovýtrusé houby.

2.2.4 Hydrologické poměry

V zájmovém území, jak již bylo zmíněno, se nachází dva vodní útvary. Větší vodní plocha má rozlohu přibližně 0,5-1 ha – rozloha se mění v závislosti na množství srážek (Ladányi, 2009), její jarní podoba je vidět na Obrázek 3. Údajně je napájena jen srážkovou vodou. Pokud atmosférické depozice nevsáknou hlouběji do podloží, shromažďují se v jihovýchodním cípu složiště a vytváří tento „rybník“. Výška jeho hladiny je regulována přepadovou věží. Odtud voda stéká do nedaleké říčky Líštnice, kde končí také dvě bezejmenné strouhy tekoucí podél příjezdových komunikací. Líštnice ústí nedaleko centra Třince do řeky Olše, která patří do povodí Odry (geoportal.gov.cz, 2020).



Obrázek 3: Velká vodní plocha a tůň odkaliště (Majewská, 2020)

Druhá vodní plocha (také na Obrázek 3) se rozkládá v terénní prohlubni na okraji odkaliště, asi 200 m od té první. Zaujímá asi jen 100 m² a voda v ní stagnuje, výška hladiny se však mění se změnami počasí a sezón. Jedná se v podstatě o zarůstající tůň.

2.2.5 Vegetace

Bez zásahu člověka by na území dnešního odkaliště zřejmě rostla vegetace **lipové dubohabřiny** (*Tilio-Carpinetum*) (geoportal.gov.cz, 2020). Tento typ lesů je charakteristický výskytem habru obecného (*Carpinus betulus*), dubu zimního či letního (*Quercus robur* a *Quercus petraea*) a příměsí lípy srdčité (*Tilia cordata*). Keřové patro těchto lesů bývá vyvinuté, výrazný je také jarní aspekt svými geofyty (Chytrý et al., 2010). Lipové dubohabřiny rostou na rovinách i mírných svazích ve výškách 250-400 m n. m. Jsou schopny zvyšovat retenci vody v prostředí a pomáhají krajině odolávat kontaminantům z lidských činností (Neuhäuslová, 1998).

Složité však takto vegetace nepokrývá. Starší a níže položené terasy dnes již kryje lesní porost, který vzešel po zavezení ornici (i podornici) při rekultivačních pracích z melioračních dřevin (např. *Acer pseudoplatanus*, *Salix caprea*) a trávobylinné směsi (obohacené o bobovité druhy). Časem docházelo k spontánnímu náletu pionýrských dřevin (jako *Betula pendula*, *Populus tremula*), uchycení mechů a vyšších rostlin. Na těchto terasách začalo po obnovení hospodařit místní myslivecké sdružení, které mj. v lokalitě vysadilo některé nepůvodní druhy (např. *Picea abies*) (Lacková, 2009).

Vnitřek úložiště však zůstal z větší části ponechán vlastnímu vývoji. Spontánní sukcese zde postupně vytvořila řídká společenstva složená hlavně z travin (jako *Calamagrostis epigejos*), pionýrských dřevin a kvetoucích bylin (např. *Odontites vernus*, *Oenothera sp.*). Ve vlhčích depresích se vyvinuly poměrně pestré porosty rákosin a vrbín. Specifické stanovištní podmínky odkaliště poskytly životní prostor i několika zvláště chráněným druhům rostlin (např. *Equisetum variegatum*). Ovšem kvůli nestabilitě zdejší mladé vegetace má složiště významný potenciál pro šíření invazních druhů (jako je *Solidago canadensis*) (Ladányi, 2009).

Celkově se jedná o území s dynamickým vývojem a zdejší vegetace bývá často předmětem zájmu.

3 NEPŮVODNÍ DRUHY A EKOLOGICKÉ INVAZE ROSTLIN

Tato diplomová práce se zabývá druhem *Solidago canadensis*, který se v našich českých podmínkách považuje za invazní druh. Nepůvodní a invazní rostliny (ale i živočichové a další organismy) se považují za jeden z nejvýznamnějších ekologických problémů dneška. Z tohoto důvodu je zde tato kapitola, která představuje a vysvětluje základní pojmy a zjednodušeně pojednává o této problematice.

3.1 Základní pojmy

Za **nepůvodní** se označuje druh, který má svůj areál výskytu na jiném území, než na jakém se momentálně nachází. Na toto nové území se druh může dostat přirozenou cestou (neboli **migrací**) anebo vlivem člověka (Chytrý et al., 2009a).

Druhý způsob se nazývá **introdukce**, česky řečeno **zavlečení**. Při ní druh musí překonat např. odlišné klimatické pásmo, rozsáhlé vodní plochy (jezera, moře, oceány), pevninská pohoří a další geografické bariéry přičiněním lidské činnosti (Lipský et al., 2004).

Zavlečení může proběhnout úmyslně nebo neúmyslně. Při **úmyslném dovozu** se druhy transportují jakožto zboží. Nejčastěji se nepůvodní rostliny dováží pro účely okrasného pěstování, ale také i pro potravinářské a technické účely (barviva, vlákna, zdroj energie). Často je důvodem i včelařské a krajinářské využití rostlin. K **neúmyslnému zavlečení** dochází v případě, kdy se s různými produkty a zbožím převáží nedopatřením i rostlinné diaspory (např. příměs v osivu, semena v zažívacím traktu zvířat).

Na nové stanoviště se druh přesouvá tzv. **vektorem**. Tím je většinou myšlen určitý prostředek transportu, tedy např. loď, letadlo, vlak, silnice atd.). Případně se za vektor považuje jen určitá oblast v rámci lidské činnosti, např. zemědělství, lesnictví, zahradnictví, nebo energetika (Mlíkovský et al., 2006).

Zavlečení může být dočasné, kdy introdukovaný druh rostliny konkurenčně neobstojí mezi původními druhy v porostu. Bez podpůrných zásahů člověka v nové lokalitě nepřežije a zaniká. Takový druh označujeme jako **přechodně zavlečený**.

Introdukce však může být pro druh naopak úspěšná. Zavlečené rostliny se na novém stanovišti dokážou uchytit, samy se rozmnožovat a tím pádem přetrvávat. Těmto druhům se říká **naturalizované** či **etablované**, česky **zdomácnělé** (Lipský et al., 2004).

V případě, že je zdomácnělý druh velmi zdatný a začne se rychle šířit novým územím (i na velké vzdálenosti od mateřské introdukované rostliny), mluvíme o **invazi** (Chytrý et al., 2009a). Ta však postupuje na úkor domácích původních druhů, které invazní druh vytlačuje, čímž rozšiřuje hranice vlastního areálu. Invaze druhu se tedy chápe jako proces započatý člověkem (Lipský et al., 2004).

Pojem **invazivnost** zahrnuje biologické vlastnosti rostlinného druhu, které zvyšují pravděpodobnost k jeho invaznímu chování. Znalost invazivnosti druhů může pomoci vytipovat druhy, které jsou zatím jen introdukované, ale invazi krajinou mohou započít někdy v budoucnu (Chytrý et al., 2009a).

Druhy rostlin, které se chovají podobně jako výše popsané invazní, ale jsou na daném území původní (tedy nebyly introdukované člověkem), se označují jako druhy **expanzivní** (Lipský et al., 2004).

Z historického hlediska se rozdělují zavlečené druhy na archeofyty a neofyty. Za **archeofyty** považujeme druhy, které byly introdukovány přibližně před rokem 1500 (před objevením Ameriky). **Neofyty** označujeme druhy zavlečené až po tomto historickém mezníku (Chytrý et al., 2009b). Mezi ně patří i zájmový druh popsáný v Kapitola 4.

Všechny dosud uvedené pojmy se týkaly šířícího se druhu. Z pohledu společenstva, do kterého se nový druh dostává, se rozlišují pojmy invadovanost a invazibilita.

Invadovanost je určitá úroveň invaze. Většinou se vyjadřuje počtem nepůvodních druhů (nebo jejich jedinců) v nové lokalitě, nebo podílem nepůvodních druhů na stanovišti

Invazibilita je vlastnost společenstva (nebo ekosystému, či biotopu), která ukazuje jeho citlivost a náchylnost k invazím nepůvodními druhy. Opakem tohoto pojmu je **rezistence** vyjadřující odolnost společenstva vůči invazi.

Je důležité si uvědomit, že společenstvo může být velmi citlivé vůči invazím, a přesto invadováno málo. To se stává při malém přísunu diaspor nepůvodních druhů na území původního společenstva. A vyskytují se i opačné případy, kdy je společenstvo poměrně rezistentní, ale i tak je invadované silně. Taková situace vzniká při masivním zavlečení druhově nepůvodních diaspor (typické např. pro vegetaci v okolí komunikací a lidských sídel) (Chytrý et al., 2009a).

3.2 Problematika nepůvodních druhů a invazních rostlin

Za původní se u nás považují druhy, které se na České území dostaly samy a přirozeně do konce poslední doby ledové (cca před 10 000 lety). Počátek **introdukcí** (úmyslných i neúmyslných) se datuje přibližně do období 5 300 př. n. l., kdy se vliv člověka začal výrazně odlišovat od vlivu ostatních savců. Někdy poté se na naše území začalo dostávat mnoho archeofytů, a to především ze Středomoří a Asie skrz frekventované obchodní stezky (Mlíkovský et al., 2006).

Dalším mezníkem pak bylo období kolem roku 1500, kdy byl Evropany objeven americký kontinent. Zámořské plavby prolomily ekologické bariéry, které dosud oba světy rozdělovaly. Amerika začala být invadována evropskými druhy, které prošly dlouhým a specificky disturbačním vývojem po boku člověka a získaly tak vyšší invazivnost. K introdukci nepůvodních druhů začalo docházet i v opačném směru – do Evropy (Pyšek et al., 2004).

Česko není neofyty zasaženo tolik, jako jiné státy, ale i tak je u nás znatelný vliv těchto nepůvodních druhů. Do zdejších končin se severoamerické druhy dostaly hlavně labskou cestou přes lodní dopravu dovážející různé potraviny (Lipský et al., 2004). I dnes se jedná o významnou cestu pro zavlékání nepůvodních druhů rostlin na naše území. Neméně významná je také introdukce leteckou dopravou. Současná hustá a frekventovaná síť dálkového transportu rozšiřuje možnosti dalšího zavlékání (Mlíkovský et al., 2006). Zdrojem pro další introdukce je i samotné pěstování a používání dovezených rostlin (např. vyhození jejich diaspor nebo zplanění rostliny).

Podle odhadů se ze 100 zavlečených druhů stanou invazními maximálně 2-3 druhy. Před propuknutím případné invaze prochází zavlečený druh obdobím klidu, kdy se přizpůsobuje novým podmínkám (Tichý et al., 2001).

Pro **invazní rostliny** je typické snadné šíření – vysoká plodnost, klíčivá semena, rychlý růst, velká produkce biomasy, nepřítomnost přirozených škůdců nebo klima nového stanoviště podobné klimatu původnímu (Lipský et al., 2004). Výhodou bývá expanzivní chování už v původní domovině a v případě dvoudomých rostlin také přítomnost opačného pohlaví, jinak je možné jen vegetativní rozmnožování. Jedinci invazních rostlin dokážou skvěle využívat místní zdroje, mohou být zdrojem nových chorob, podporovat erozi,

akumulovat svůj opad nebo mít jiné další strategie přežití (Tichý et al., 2001). Svou přítomností zkrátka komplikují existenci původních druhů.

Z pohledu **invadovaných společenstev** na tom bývají tzv. nejhůř ta s větším přísunem diaspor (bez ekologických bariér), přítomností archeofytů, množstvím dostupných živin v půdě a s častými disturbancemi (přírozenými i člověkem způsobenými) (Chytrý et al., 2009b). U nich je důležitá intenzita i režim. Změny často narušují mezidruhové vztahy a tím se destabilizuje společenstvo, které se tak stává invazibilnější. Na druhou stranu – na živiny chudší stanoviště mohou být přítomností invazních rostlin obohacena, čímž dojde k proměně složení druhů (Tichý et al., 2001). To může vést buď k další invazi, nebo k příhodnějším podmínkám pro domácí druhy.

Každé společenstvo je však jinak invazibilní. Záleží na extrémech klimatu, přítomnosti herbivorů a patogenů, konkurenčním tlaku domácích druhů rostlin, přizpůsobení společenstva na nepůvodní druh a mnoha dalších faktorech (Chytrý et al., 2009a). Navíc vše se mění s průběhem sukcese. Většinou jsou silněji invadována společenstva raných sukcesních fází a s postupem času podíl nepůvodních druhů klesá (Chytrý et al., 2009b).

U nás v Česku se nepůvodní vegetace většinou šíří v člověkem ovlivněných, či přímo vytvořených lokalitách. Jsou to např. ladem nechané pozemky, skládky, navážky, příkopy, železniční násypy, lidská sídla a další (Lipský et al., 2004). Tato místa hostí většinou **ruderalní vegetaci**, a právě v ní se vyskytují neofyty nejčastěji. Naopak vřesoviště, rašeliniště, jehličnaté lesy a další stanoviště s chladným klimatem a omezenou dostupností zdrojů jsou invadována málo.

Poměrně přesné informace o místní invadovanosti přinášejí fytocenologické snímky. Bohužel je jejich nedostatkem subjektivní výběr lokalit. Pro pokrytí velkých území však stále neexistují lepší data (Chytrý et al., 2009b).

Rostlinné invaze jsou v České republice poměrně dobře prozkoumány. Neúmyslně k nám byla zavlečena přibližně polovina nepůvodních druhů (Mlíkovský et al., 2006). Podle aktualizovaného seznamu nepůvodní flóry ČR se v naší republice vyskytuje **1454 nepůvodních druhů rostlin** – z toho 1104 neofytů. Z uvedeného počtu nepůvodních je 985 druhů zařazeno jako přechodně zavlečené, 408 druhů je již naturalizováno a **61 druhů** (50 neofytů) se považuje za **invazní** (Pyšek et al., 2012a). Mezi nimi je i studovaný *Solidago canadensis* (viz Kapitola 4).

Předpovědět vývoj druhů není snadné. Studium invazí vychází ze zkušeností s introdukcemi, které započaly před mnoha lety. S rostlinnými invazemi nelze provádět velké experimenty, a vychází se tak z analýz druhového složení v regionech, z historických záznamů či podmínek prostředí ve studovaných oblastech (Pyšek et al., 2004). Kromě toho se lze opírat i o **předpovědní modely**, které vychází z velkého množství geografických, historických a ekologických dat. Modelování dokáže v 70-90 % případech správně určit, jestli se stane daný druh invazním. Ovšem takováto předpověď je silně zatížena faktorem náhody – nečekanými změnami v krajině, ve společnosti nebo třeba v politice (Mlíkovský et al., 2006).

Invazní problematika se také komplikuje **obtížným a sporným klasifikováním druhů**. Dokonce ani specialisté se často nedokáží shodnout, zda je studovaný druh v místě původní, zavlečený, přechodně zavlečený, naturalizovaný, invazní a zda je archeofytem nebo už neofytem (Pyšek et al., 2004).

Nepůvodní a invazní druhy mají každopádně sekundární vliv i na ekonomickou, sociální, kulturní i politickou sféru společnosti (Tichý et al., 2001). Je jim proto věnována náležitá pozornost.

4 BIOLOGIE A EKOLOGIE DRUHU *SOLIDAGO CANADENSIS*

Tato kapitola přináší základní informace i rozšířené poznatky o zkoumaném invazním druhu *Solidago canadensis* L., do češtiny překládaného jako zlatobýl kanadský, nebo celík kanadský.

Jedná se o vytrvalou světlomilnou bylinu, původem ze Severní Ameriky. Na evropské území byla dovezena jako okrasná rostlina, kde postupně zplaněla a začala se šířit původními biotopy. V Česku tomu bylo jinak – staletí se pěstuje v parcích a zahradách a její šlechtěné kultivary jsou volně prodejně (Mlíkovský et al., 2006). Dnes se však zlatobýl kanadský považuje za jednu z nejnebezpečnějších invazních rostlin šířících se naším územím.

4.1 Taxonomické zařazení druhu

Do vědecké klasifikace se tento druh zařazuje následovně (www.biolib.cz, © 2019):

- **říše:** *Plantae* Haeckel (rostliny)
- **oddělení:** *Magnoliophyta* Cronquist, Takht. & W. Zimm. (krytosemenné rostliny)
- **třída:** *Rosopsida* Batsch (vyšší dvouděložné rostliny)
- **řád:** *Asterales* Lindley (hvězdnicotvaré)
- **čeleď:** *Asteraceae* Martinov (hvězdnicovité)
- **rod:** *Solidago* L. (zlatobýl)
- **druh:** *Solidago canadensis* L. (zlatobýl kanadský)

Pozn.: Z důvodu přehlednosti v textu bývají latinská jména psána bez přídatných koncových názvů a rodová jména druhů bývají zkracována.

4.2 Popis druhu

Zlatobýl kanadský je vytrvalá světlomilná bylina, jež dorůstá výšky nejčastěji 80 až 150 cm. Vytváří kompaktní systém horizontálních oddenků, ze kterých vyrůstají dceřinné prýty. Jejich lodyhy jsou přímé, jednoduché, oblé, vyplněné a zbarvené zeleně, případně (při silném oslunění) do nachova. Zejména v horní části je stonek porostlý hustými, krátkými, vícebuněčnými chloupky zahnutými obloukovitě nahoru. V bázi lodyhy lze pozorovat dřevnatění stonku a adventivní kořeny (Slavík et al., 2004).

Listy vyrůstají z lodyhy střídavě, poměrně hustě, přičemž ty ve spodní části stonku brzy vadnou a odumírají. Jejich tvar je kopinatý, dlouze zašpičatělý, k lodyze jsou přisedlé a velikostně se nejčastěji pohybují mezi 6-17 cm na délku a do 3 cm na šířku (směrem nahoru po stonku se zmenšují). Listy jsou lemované nepravidelnými zoubky směřujícími dopředu, shora jsou lysé a na rubu hustě pokryté chloupky. Osou listu prochází středová žilka doplněná dalšími dvěma výraznými souběžnými žilkami (Slavík et al., 2004).

Květenstvím zlatobýlu jsou sytě žluté trubkovité a jazykovité květy tvořené zhruba pětimilimetrovými krátce stopkatými úbory (Obrázek 4) uspořádanými do široké a rozložené pyramidální laty (také Obrázek 4). Ta bývá 15-30 cm dlouhá, během plození může dosáhnout délky až 50 cm (Slavík et al., 2004). Podle nápadně zářivých žlutých květenství pravděpodobně vznikl český název tohoto druhu. Také anglický název (Goldenrod – volně přeloženo jako „zlatá tyč“) zřejmě vychází ze „zlaté“ barvy květů. Tato rostlina vykvetá během srpna a dokvétá přibližně v říjnu.



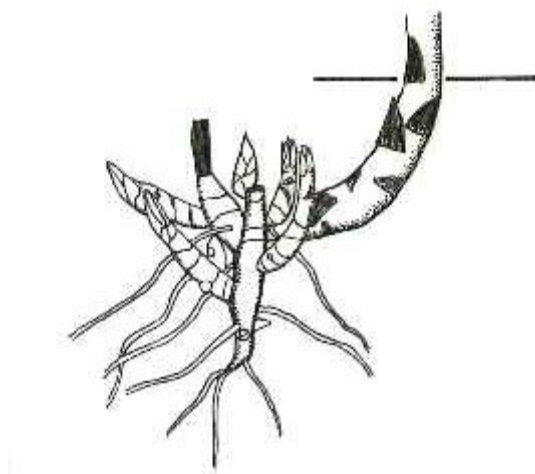
Obrázek 4: Kvetoucí lata a květy zlatobýlu kanadského (Majewská, 2019)

Plodem této rostliny je nažka. Ta má úzce elipsoidní tvar, je nevýrazně žabernatá, cca 1 mm dlouhá a na jednom konci je vybavená až 2,5 mm krátkým, světlým a roztřepeným chmýřím z jednořadých pérovitých paprsků (Slavík et al., 2004). Takto stavěná semena jsou ideálně uzpůsobena pro odnos a šíření podzimním větrem. Na Obrázek 5 je lze vidět na plodící latě i po uvolnění z plodenství.



Obrázek 5: Plodící lata zlatobýlu kanadského a její uvolněné nažky (Majewská, 2019)

Z plazivých podzemních oddenků (jinak řečeno – podzemních částí stonků), které mají kromě klonálního množení i zásobní funkci, vyrůstá kořenová soustava. Hlavní kořen má tato rostlina jen v ranných fázích svého vývoje a je později nahrazen adventivními kořeny, které vyrůstají právě z oddenků (neboli rhizom) (pladias.cz, © 2020), jak je vidět na Obrázek 6. Tyto kořeny jsou tvořeny početnými výběžky většinou v horizontálním směru (Mižík, 2008).



Obrázek 6: Podzemní orgány zlatobýlu kanadského (CLO-PLA: a database of clonal and bud bank traits of Central European flora, © 2005)

4.3 Původ a geografické rozšíření

Zlatobýl kanadský má svou domovinu na území Severní Ameriky – na severu od Labradoru a Aljašky až na jih po Floridu a Mexiko. Svůj „druhý domov“ má tento druh ve východní části Asie, v Austrálii a Novém Zélandu a většině území Evropy, kam byl dovezen pro okrasné a pěšební účely zřejmě v roce 1645 (Pyšek et al., 2012b).

Ještě v minulém století evropské populace zlatobýlu nedosahovaly nadmořských výšek nad 700 m. V současnosti jej lze přirozeně najít i ve výškách kolem 1650 m nad mořem. S rostoucí nadmořskou výškou však klesá vzdálenost mezi jednotlivými populacemi (Moran et al., 2017).

První zmínky o zplanění u nás pochází již z roku 1838 z okolí Karlových Varů. *S. canadensis* se hojně rozšířil během 1. pol. 20. století a dnes lze zlatobýl kanadský najít na téměř celém území republiky, a to především na severu a severovýchodě Čech a analogicky i na Moravě a ve Slezsku. Původně se pěstoval v zahradách a parcích, a i v současnosti se pěstuje jako okrasná bylina – většinou ve formě slabě se odnožujících kultivarů (Slavík et al., 2004).

Podle dat AOPK ČR je výskyt zlatobýlu kanadského v zájmové oblasti (viz Kapitola 2) registrován přibližně od devadesátých let minulého století (portal.nature.cz, © 2020). Zastoupení tohoto druhu v regionu je značné, čemuž pravděpodobně přispívají zdejší husté dopravní sítě – Českou republiku v těchto místech propojují frekventovaná železniční křižení a místní rychlostní silnice se Slovenskem a Polskem. Komplexnímu mapování *S. canadensis* v zájmovém regionu se však ještě nevěnovala žádná ucelená studie (Podstawková, 2016).

4.4 Výskyt druhu a biotop

Tento druh zlatobýlu je typickou součástí ruderálních stanovišť, přestože dává přednost půdám lépe zásobeným živinami. Roste v městské zástavbě, v okolí hřbitovů, zahrad, na okrajích silnic a železnic a v rumišťích. Často se rozšiřuje i v břehové nitrofilní vegetaci vodních toků (Slavík et al., 2004). Často jej lze nalézt i na okrajích lesů nebo na již neobhospodařovaných pastvinách a polích (Pyšek et al., 2012b). Osidluje v první řadě antropogenně narušená místa, odkud snadněji proniká do původní vegetace (Podstawková,

2016). Jeho dalším typickým stanovištěm jsou znečištěná a opuštěná území. Ta představují ideální šanci pro expanzi takového nově introdukovaného druhu (Immel et al., 2012).

Solidago canadensis lze tedy nalézt na široké škále stanovišť, a navíc i v plošném výskytu. To představuje riziko pro celou škálu původních biotopů jako jsou např. bylinné lemy nížinných řek, šterkové náplavy, xerofilní křoviny nebo kontinentální vysokobylinná vegetace (Podstawková, 2016). Přítomnost zlatobýlu v těchto biotopech vede ke změně výchozích přírodních podmínek, a to může nakonec vyústit k úplné změně struktury společenstev a tím až k zániku původního biotopu.

4.5 Proces rozmnožování a šíření druhu

Nová vhodná stanoviště je *Solidago canadensis* schopen rychle kolonizovat díky velkému množství dobře klíčivých semen roznášených hlavně větrem. Ta zajišťují **generativní rozmnožování** druhu (Mlíkovský et al., 2006). Na tento způsob více sází starší jedinci, kteří investují více biomasy do reprodukčních orgánů (Rosef et al., 2019).

Přeživší a úspěšní jedinci pak zajišťují expanzi vytrvalým klonálním růstem pomocí oddenků (Slavík et al., 2004). V půdě mohou vytvořit téměř kompaktní vrstvu. V invadovaném břehovém porostu nivního toku mohou porosty zlatobýlu dosahovat hustoty až 377 lodyh na jediný čtverečný metr (Rajdus, 2018). Klony mohou věk jedince protáhnout dokonce i na 100 let. Tímto způsobem se zlatobýl šíří **vegetativně**, k čemuž dochází každý rok (Kabuce et al., 2010).

Vegetativní šíření způsobuje spíše expanzi druhu do blízkého okolí, rozsáhlé prostorové rozšiřování je zajišťováno spíše semeny (Moran et al., 2017). I přesto se geneticky identičtí jedinci mohou dostat na nová vzdálená místa. Pokud se jejich diaspora (například část oddenku) transportuje pomocí vodních toků, živočichů, dopravních prostředků nebo i samotnými lidmi (Podstawková, 2016). Oddenky zlatobýlů jsou poměrně dlouhé a lámavé, takže takový způsob šíření není nijak neobvyklý (Tichý et al., 2001).

Noví jedinci však mají potíže uspět na stanovištích, kde roste zavedená a stabilizovaná vegetace. Tento druh potřebuje v novém společenstvu disturbance. Pokud se zlatobýlu kanadskému podaří uchytit a založí se tak jeho nová populace, časem počet jeho klonů klesá. Děje se tak kvůli soutěžení o prostor. Jediná sazenice se za 10 let může rozrůst o dalších více

než 20 nevětvených prýtů. Ty vyrůstají každé jaro znova, neboť jsou jednoleté (Moran et al., 2017).

Pokud má jedinec zlatobýlu za sebou už jeden rok růstu (když vyrostl ze semene) a nastávají vhodné podmínky prostředí, vyrůstají v létě na vrcholcích prýtů bohaté laty (Rosef et al., 2019). *Solidago canadensis* je cizosprašná rostlina, která hostí řadu hmyzích opylovačů. Někteří z nich za květy zlatobýlu cestují i velmi dlouhé vzdálenosti. Např. u včel bylo zjištěno opylování rostlin vzdálených až 100 km od sebe (Moran et al., 2017). Po opylení vzniká, vzhledem k rodičovským rostlinám, zárodek geneticky nového odlišného jedince. Pohlavní reprodukce je tak oproti vegetativnímu množení poněkud složitější (Podstawková, 2016).

Jediná lata zlatobýlu kanadského, v závislosti na podmínkách prostředí, vyprodukuje nejčastěji okolo 20 000 semen. Do přilehlého porostu pak dopadá na jediný metr čtverečný až 50 000 nažek. Díky chmýru se během podzimu a zimy rozptylují nejčastěji větrem, také jsou přenášeny na srsti zvířat anebo mravenci (Tichý et al., 2001).

Mnoho nažek dopadá do blízkého okolí mateřské rostliny. Přestože se tím pádem nedostanou o mnoho dál než klonální prýty, mají díky své genetické odlišnosti mnohem větší šanci úspěšně se adaptovat na dané podmínky prostředí a následně účinněji expandovat do okolní vegetace (Podstawková, 2016).

Pokud jsou podmínky příznivé, docestuje asi 20-25 % ochmýřených nažek do vzdáleností více než 100 m. Generativní reprodukce hraje u tohoto druhu významnou roli při kolonizaci nových lokalit – v invadovaných oblastech a stejně tak v jeho původních areálech výskytu.

Solidago canadensis kvete poměrně pozdě (cca od srpna do října), proto je pro tento druh důležité dokončit zrání semen dříve, než prýty podlehnou prvním mrazům. Čas, kdy jedinec začíná kvést je z velké části dán geny. Vlivem okolního prostředí však mají tendenci vykvétat dříve jedinci rostoucí v chladnějších oblastech. Ti pak také mívají větší počet pupenů. Včasné kvetení je v takových podmínkách zásadní. Chladné klima totiž zkracuje vegetační období (Moran et al., 2017).

V půdě zlatobýlí semínka vytrvají asi jeden rok (Tichý et al., 2001). Během této doby se stávají součástí půdní semenné banky a mohou tvořit její podstatnou část. Při experimentu

Dölle et al. (2009) na bývalých orných polích bylo stanoveno téměř 15 800 semen tohoto druhu na 1 m² (při 66% pokrytí povrchu zlatobýlem kanadským).

4.6 Podmínky prostředí ovlivňující růst a šíření druhu

Podle studie Emily Moran et al. (2017) jedinci zlatobýlu kanadského vysazení v teplejších podmínkách a v nižších **nadmořských výškách** začínají růst dříve, rychleji rostou a dorůstají větších velikostí. Rostliny vysazené ve výše položených lokalitách zase produkují více vegetativních výhonů. Chlad a vlhko pravděpodobně poskytují lepší podmínky pro včasné rozrůstání podzemních orgánů. Jedinci s více výhony pak mají tendenci produkovat více pupenů a více zralých květenství (vzhledem k tomu, že každý prýt vytvoří jen jedno květenství), pokud jim to počasí „dovolí“. Avšak ve vyšších polohách je zkráceno vegetační období, proto dokončit kvetení před poškozením většinou dokáží jen jedinci v níže položených oblastech.

Limity geografického výskytu *S. canadensis* jsou pravděpodobně dány hlavně omezením **délky vegetačního období**. Ta má na reprodukci větší vliv než např. chladné klima. Pokud se diaspory zlatobýlu dostanou do vyšších nadmořských výšek, můžou přežít a uchytit se. Když je však na tomto místě vegetační období krátké, omezí to šíření populace jak způsobem vegetativním, tak i generativním.

Záleží však také na **původu** daných jedinců. Rostliny rostou rychleji (ať už výše, či níže nad mořem), pokud se vyskytují v podnebí podobnému klimatu jejich domoviny. Takoví jedinci si totiž nesou v genech určitou adaptaci na dané klima (Moran et al., 2017).

V případě **sucha** reaguje zlatobýl kanadský snížením růstu – jeho kořeny jsou kratší, jsou méně objemné, zmenší se i listy a klesá jejich počet. Sucho však zlepšuje „vztah mezi kořeny a listy“, tedy, že rostlina dokáže za výsušných podmínek velmi vhodně rozložit svou biomasu. Tato reakce umožňuje zlatobýlům vyrovnat se i s velkým suchem (Du et al., 2019).

Pokud rostlina zlatobýlu kanadského roste ve **stinných podmínkách** (pokud zanedbáme jiné faktory prostředí), významně se u ní redukuje růst a obsah obranných metabolitů, tudíž dochází ke snížení kondice jedince. Zastínění také vede k nárůstu výšky prýtů, snížení průměru stonku (především ve spodní části), ke zvětšení šířky i délky listu (tedy zvětšení listové plochy), zvýšení obsahu chlorofylu v rostlině a sníženému poměru kořenů vůči prýtům. Zdatnost jedince zlatobýlu rostoucího ve stínu se projevuje především

výškou prýtů a změnou průměru stonku ve spodní části. Takové reakce mohou hrát významnou roli pro úspěšné šíření druhu na stanovištích se zhoršenými světelnými podmínkami (Du et al., 2017).

Se slunečním svitem se pojí také zahřívání. Vlivem silného oslunění může u rostlin dojít k **tepelnému stresu**. Jeho působení na *S. canadensis* (v přirozené prérijní vegetaci) se věnoval výzkum Wang et al. (2016b). Prokázalo se, že tepelný stres u těchto rostlin omezil a zpomalil vnitřní tělesné pochody i celkový růst jedinců. To bylo zapříčiněno snížením rychlosti fotosyntézy. Experiment také ukázal, že tepelný stres, přestože jen proměnlivý, dlouhodobě zasahuje do života tohoto druhu a může tak ovlivňovat dlouhodobé účinky na strukturu společenstva rostlin, dynamiku vegetace, biologickou rozmanitost a tím fungování celého ekosystému.

Změny ve společenstvu se projeví také při procesu invaze. Během výzkumu zaměřeného na invazi *Solidago canadensis* byly vypořádovány změny jak u zlatobýlu, tak i u okolních původních druhů. U obou např. vzrostla výška jedinců. Přítomnost nového druhu zřejmě způsobila **růstový stres** u druhů původních a s rostoucím stupněm invaze zlatobýlu rostla i jeho konkurenceschopnost, a tak byl v každém stadiu invaze vyšší než okolní druhy. To mu zajistilo lepší přísun slunečního záření. Proto se také u jeho zástupců zvětšila listová plocha, listy se prodloužily a byla v nich nalezena nižší koncentrace chlorofylu (Wang et al., 2018a).

I hloubka uložení oddenku hraje roli. Oddenek slouží rostlině jako zásobárna energie a se zvyšující se hloubkou musí zlatobýl vynaložit větší úsilí při růstu směrem k povrchu, čímž se snižuje intenzita růstu a případně i šance na přežití. Za určitou hranici (danou vlastnostmi půdy apod.) se už nemusí objevit na povrchu nové výhonky prýtů, protože zásoby uhlovodíků se překonáváním hloubky zcela vyčerpají. Zásoby organických látek v oddenku se však mění během ročních období. Hloubka položení oddenku také může snížit konkurenční schopnost jedince, protože prýty pak mají méně času na nadzemní vývoj (Rosef et al., 2019).

Možnost *S. canadensis* nerušeně růst mohou hatit **herbivoři**. Podle výsledků studie Van Kleunena et al. (2004), kde byl okus rostlin simulován oříznutím poloviny listů s následným ošetřením jasmonovou kyselinou (ta spouští u zlatobýlů obranné reakce vůči herbivorům), byla konečná výška prýtů poškozených jedinců přibližně stejná jako

u nepoškozených rostlin. Zasažení jedinci však měli tenčí stonky a snížila se jim biomasa květenství. Rozdíl byl také oproti rostlinám pouze oříznutým. „Spásaným“ prýtlům dorostly menší listy a také později kvetly, než tomu bylo u jen ořezaných. *Solidago* zřejmě zvládá lépe případnou seč, nežli okus.

Šíření tohoto druhu ovlivňuje samozřejmě také **člověk**. Atraktivní rostliny se sbírají pro dekorativní a květinářské účely, pěstují se v zahradách a dříve či později končí jejich těla jako odpad nejen na kompostech, ale i mimo zahrady, odkud se zlatobýlí semínka a oddenky mohou dostat např. k vodním tokům. Diaspory se mohou šířit i v důsledku transportu půdy během stavebních činností nebo vlivem turbulencí vzduchu z jedoucích vozidel (zejména u semen) (Kabuce et al., 2010).

4.7 Interakce druhu a půdního prostředí

S. canadensis je poměrně nenáročná rostlina na živiny, prospívá však na mírně nitrofilních stanovištích. Snáší sucho, čímž není tak svázána např. s okolím vodních toků a s vlhkými rumišti (Mlíkovský et al., 2006). Často osidluje štěrkopísčité půdy a také propustné substráty antropogenního původu (Tichý et al., 2001). V Polsku byly podle průzkumu Bielecké et al. (2017) nalezeny populace zlatobýlu kanadského především na hlinitopísčitých půdách a půdách výrazně degradovaných, kdy substráty měly široký rozptyl hodnot pH. Zlatobýl zvládá růst na půdách s různým stupněm úrodnosti i s různou skladbou zrnitostí (Kabuce et al., 2010).

4.7.1 Makroživiny v půdě (N, P, K, Ca)

Obohacování půdy **dusíkem** obecně u rostlin vede ke zvýšení jejich poptávky po **fosforu**. Pak však záleží na jednotlivých rostlinných druzích, jak dokáží z půdy využít zdroje tohoto prvku. Fosfor se totiž v půdě povětšinou vyskytuje ve formě nerozpustných fosfátových sloučenin se třemi minerálními prvky: železem, hliníkem, anebo vápníkem. Není zcela jasné, zda invazní druhy rostlin mají přístup k takovým nerozpustným zdrojům P a jestli větší množství N pak způsobí jejich konkurenční výhodu (Wan et al., 2018b).

U zlatobýlu kanadského bylo potvrzeno, že významně zvyšuje příjem fosforu do své biomasy, za přítomnosti zvýšeného množství dusíku v půdě, nachází-li se fosfor v substrátu v rozpustné formě. Tento prvek si je rostlina schopna získat nejen z rozpustných orthofosforečnanů, ale dokonce i z hlinitých sloučenin, přestože ty jsou ve vodě nerozpustné.

Pokud je však fosfor vázán ve sloučeninách s železem nebo s vápníkem, zvýšené množství dusíku v půdě nezpůsobuje zvýšení příjmu fosforu do rostliny, přestože zlatobýl mívá po fosforu vysokou biotickou poptávku (Wan et al., 2018b).

Pokud je půda obohacena o větší množství fosforu, může se snižovat konkurenční schopnost této rostliny. To se projevuje zejména v případě, kdy je v půdě současně vysoká úroveň dusíku. Poměr N a P je tedy pravděpodobně kritickým faktorem pro určení konkurenčních schopností této byliny (Wan et al., 2018a).

Rozšíření tohoto druhu vede k významnému snížení obsahu fosforu v půdě a také ke snížení obsahu dusičnanů. Naproti tomu množství amonných iontů a hodnota pH pod porostem zlatobýlu v půdě vzrůstá. Tento efekt byl pozorován zejména v jeho monokulturách. Takové změny půdních podmínek mohou omezovat schopnost původních druhů rostlin konkurovat invazi zlatobýlu kanadského (Zhang et al., 2009).

Co se dalších živin týče, v oblasti polského Dolního Slezska rostly populace zlatobýlu na půdách s nízkým obsahem **vápníku** a **draslíku**, ve srovnání se zdejší průměrnou koncentrací těchto prvků v půdách (Szymura et al., 2013).

4.7.2 Kontaminanty v půdě (PAH, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd)

Na kontaminovaných stanovištích se tento druh musí vyrovnávat se znečišťujícími látkami v půdě pomocí tolerančních mechanismů, které ještě nejsou úplně pochopeny. Bylo však zjištěno, že na úrovni buněk dochází ke zvýšení výskytu proteinů souvisejících s oxidačním stresem, metabolismem sacharidů a transportem iontů. Navíc se také zvyšuje výskyt proteinů, které se podílejí na buněčném cyklu a syntéze bílkovin. Zlatobýl tedy reaguje na kontaminaci půdy úpravou několika klíčových metabolismů (prokázáno v buňkách listů). Získává tak energii pro potřebnou detoxikaci, a to mu umožňuje překonat stres.

Tento druh byl podroben studiu v rámci experimentu s půdou kontaminovanou koksem. Ta obsahovala vysoké koncentrace nejen toxických kovů, ale i **polycyklických aromatických uhlovodíků** (PAU, nebo PAH). K překonání stresu z takto znečištěné půdy vyvinul *S. canadensis* vlastní toleranční molekulární mechanismy, nalezené v mezibuněčném prostoru, na buněčných membránách i uvnitř buněk (Immel et al., 2012).

Schopnost *S. canadensis* akumulovat velké množství kovů z půdy jej předurčuje jako kandidáta na fytořemediaci půd kontaminovaných toxickými kovy (Bielecka et al., 2019a).

Studie Bielecké et al. (2019a) se zabývala zlatobýlem kanadským z pohledu akumulace **manganu a mědi** v této rostlině. Ukázalo se, že koncentrace Mn a Cu v kořenech korelovala s koncentracemi těchto kovů v půdě, a to bez ohledu na stav půdy nebo obsah organického uhlíku. Při nízkém pH i obsahu organického uhlíku v půdě, se naakumulovalo více než 50 % z celkového obsahu Mn v rostlině v nadzemních částech zlatobýlu. V neutrálních nebo alkalických půdách se zase více než 60 % přijatého Mn naakumulovalo v podzemních částech. Bez ohledu na půdní reakci nebo obsah organického uhlíku se většina Cu hromadí také v podzemních částech. Díky podzemnímu systému oddenků tento druh dokáže měď a mangan v půdě za příhodných podmínek stabilizovat.

Je zajímavé, že při vystavení zlatobýlů **olovu** se u těchto rostlin zvyšuje účinnost mykorhizálního soužití rostliny a jejích spřátelených mikroorganismů (Immel et al., 2012). To podporuje absorpci živin do těla rostliny, což může jedincům *S. canadensis* přinášet velkou výhodu oproti např. původním druhům (Yang et al., 2008). Zlatobýl tento prvek silně akumuluje především do oddenků a kořenů.

S. canadensis dokáže akumulovat i **zinek**. Ten rostlina ukládá nejen do svých podzemních částí, ale také extrahuje do svých nadzemních orgánů (Bielecka et al., 2019b).

Svůj potenciál skrývá zlatobýl v čištění odpadních vod znečištěných toxickými kovy, např. **kadmiem**. V rámci výzkumu Zhang et al. (2017) byl z této rostliny vytvořen speciální prášek ze stonku, který projevil biosorpční schopnost pro kadmiové ionty.

4.7.3 Alelopatie druhu a organismy v půdě

Svůj vliv má tento druh i na mikrobiální část půdy, která je důležitá pro transformaci a koloběh živin.

Zlatobýl uvolňuje alelochemikálie do svého okolí a ty pak vyvolávají alelopatické účinky na klíčivost či růst okolních druhů, což bylo dokázáno např. studií Wanga et al. (2016a). V rámci ní se ukázalo, že výtažky z listů *S. canadensis* významně potlačují klíčivost a růst lociky seté (*Lactuca sativa* L.).

Zmíněné alelochemikálie (alelopatické látky) zlatobýlu kanadského mají organický charakter a jsou tvořeny především flavony (patří pod flavonoidy), jinými fenoly a také

saponiny. Tyto látky hrají důležitou roli v obraně samotné rostliny a zároveň slouží k inhibici případných konkurentů. To se projevuje hlavně při styku zlatobýlu s původní vegetací, na kterou mají alelochemikálie silnější negativní účinky. Na domácí severoamerické „kolegy“ zlatobýlu nemají tyto látky tak silný efekt. Tento rozdíl je pravděpodobně dán genetickým přizpůsobením zlatobýlu novým stanovištím (Yuan et al., 2013). To přispívá ke konkurenceschopnosti *S. canadensis* v našem českém prostředí.

Alelopatické účinky zlatobýlu kanadského jsou umocňovány kyselými depozicemi. Výše uvedené organické látky, ze kterých jsou alelochemikálie u tohoto druhu tvořeny, jsou pravděpodobně podporovány v aktivitě vlivem nízké hodnoty pH. Vylučování těchto látek podporují i stresové faktory, čímž se zvyšuje potenciální toxicita pro okolní druhy (Wang et al., 2016a). Na druhou stranu alelochemikálie potlačují některé původní půdní patogeny (Šutovská et al., 2013), což může být pro okolní druhy pozitivní.

Jakožto alelopaticky působící rostlina, může *S. canadensis* inhibovat nejen jiné rostlinné druhy, ale i růst mnoha mikroorganismů. Zhang et al. (2009) však zjistil, že invaze zlatobýlu kanadského pravděpodobně zvyšuje mikrobiální aktivitu a tím i urychluje cyklus uhlíku a jeho množství v půdě. Půdní mikrobi tak zřejmě dokáží rozkládat a využívat alelopatické sloučeniny uvolňované zlatobýlem a tím uhlík zpřístupnit dalším organismům.

Dle studie Wanga et al. (2018b) invaze zlatobýlu kanadského významně neovlivňuje rozmanitost a bohatost půdních bakterií schopných fixovat vzdušný dusík. U těchto bakterií byla, oproti původnímu mikrobiálnímu složení, pouze zaznamenána výrazná změna některých čeledí. Hlavním důvodem změny složení těchto bakterií po invazi zlatobýlem může být alelopatický efekt jeho rozkládajících se odumřelých prýtů nebo vliv jeho kořenových výměšků. Tyto látky pak mohou mít selektivní účinky na mikroorganismy v půdě. Přítomnost zlatobýlu v porostu tedy může spíše změnit strukturu zmíněné bakteriální komunity, ale ne její celkovou biodiverzitu.

Změna půdních mikroorganismů může ovlivnit citlivost původních druhů vůči invazním rostlinám. Pokud se v porostu už nachází další nepůvodní druhy, mohou mít vůči zlatobýlu kanadskému větší toleranci, než jakou vůči němu vykazují původní druhy. Tato snášenlivost zřejmě závisí na mikrobiálním složení půdy a při její změně se mění i interakce mezi zlatobýlem a jeho rostlinnými sousedy (Sun et al., 2018).

Není však jasné, jak moc je alelopatie klíčová v procesu invaze zlatobýlu a jaký je její přesný mechanismus (Yuan et al., 2013). Je však prokázáno, že se alelochemikálie vylučované zlatobýlem kanadským v půdě hromadí (Zhang et al., 2011).

4.8 Vliv druhu na faunu

Tím, že zlatobýl kanadský hostí řadu opylovačů, byl zjištěn vliv i na jejich chování. V případě výraznější invaze zlatobýlů do původní vegetace se odklání trajektorie opylovačů v lokalitě. Podle studie Fenesi et al. (2015), která mj. sledovala v Rumunsku opylování *S. canadensis* divokými včelami, včelami medonosnými a pestřenkami, byla naznamenána snížená návštěvnost původních květů v porostu. Zmínění opylovači dávali přednost zlatobýlům. To může dlouhodobě měnit vzájemné vazby mezi původními druhy a jejich hmyzími spojenci.

Stonky *S. canadensis* slouží jako domov dalším bezobratlým – pavoukům. Dudek et al. (2016) potvrzuje hypotézu, že porosty této rostliny jsou příznivé coby lovecký prostor pro zástupce řádu *Araneae*. Na 1 m² terénu bylo v průměru napočítáno více pavoučích jedinců mezi zlatobýly nežli v původní vegetaci. Navíc v pavučinách v porostu *S. canadensis* bylo nalezeno více polapené kořisti. Svou funkci pro pavouky sehrály i již uschlé stonky zlatobýlů.

4.9 Vztah druhu a člověka

Zlatobýl kanadský lidé používají už staletí pro **léčebné účely**. Údajně jej používali už severoameričtí Indiáni na výrobu protijedu po uštknutí chřestýšem (Polívka, 1904). Používal a stále se používá i v našem lidovém léčitelství. Účinné látky má tento druh prakticky stejné jako původní zlatobýl obecný – jedná se např. o trísloviny, saponiny, karotenoidy, hořčiny, inulín, silice a další. Jeho odvary působí protizánětlivě a močopudně, takže poskytují pomoc ku příkladu při obtížích s vylučovací soustavou (botanika.wendys.cz, 2015). Extrakty komplexu několika látek z tohoto druhu také dokázaly potlačovat kašel v rámci experimentu s dýchacími cestami morčat (Šutovská et al., 2013). Zlatobýl kanadský má tedy potenciál i v moderní farmacii.

Na zdraví lidí může působit negativně zlatobýlí pyl, a to spouštěním **alergických reakcí**. Výskyt alergií způsobených pylem *S. canadensis* zatím nebyl dokázán (Pyšek et al., 2012b), ale lokálně již bylo zaznamenáno nepříznivé ovlivnění alergologické situace

v oblastech s rozsáhlými porosty zlatobýlu (Vsetínsko, Pomoraví, Podyjí a další nívné údolí) (Jehlík, 1998). Na druhou stranu pyl zlatobýlů je těžký a lepkavý, a proto je obvykle přenášen hmyzem nebo samovolně padá nedaleko od rostliny. Pouze příležitostně za suchého a větrného počasí by se do vzduchu mohlo dostat takové množství pylu, že by to zasáhlo citlivé osoby (Kabuce et al., 2010).

Květy zlatobýlů však mají význam i pro jedny lidské spojence – včely. Pro ty je zlatobýlí porost vítanou potravou v době, kdy na koci léta a na podzim už v krajině není tolik kvetoucích rostlin. Je to dáno tím, že *S. canadensis* kvete až začátkem srpna. Díky tomu se stal zlatobýl vítanou **včelařskou rostlinou** (Podstawková, 2016).

Co se týče efektu druhu *S. canadensis* na **ekonomii a společnost**, zlatobýl teoreticky může ovlivňovat šíření patogenů hospodářských plodin, kvůli svému vztahu s hmyzem, který může nemoci rostlin přenášet. Nejsou však k dispozici žádné studie o hospodářském dopadu na toto téma (Kabuce et al., 2010). Větší pozornost se věnuje vyčíslování nákladů na likvidaci zlatobýlu, jakožto nežádoucího invazního druhu.

4.10 Příbuzné druhy a jejich křížení

Existuje mnoho druhů patřících pod rod *Solidago*. V Česku rostou ve volné přírodě tři druhy zlatobýlů: *Solidago canadensis* L. (zlatobýl kanadský), *Solidago gigantea* Aiton (zlatobýl obrovský), místy *Solidago graminifolia* (L.) Salisb. (zlatobýl trávolistý) a také původní *Solidago virgaurea* L. (zlatobýl obecný).

V Evropě se někdy vymezuje i druh *Solidago altissima* L. Oproti diploidnímu zlatobýlu kanadskému je tento taxon hexaploidní a liší se několika málo morfologickými znaky. Jeho zdejší zástupci se do 90. let 20. století jasně považovali za součást druhu *Solidago canadensis*. Ani pozdější průzkumy však nepotvrdily, že *Solidago altissima* je samostatný druh, ale spíše kultigenní taxon vzniklý až na evropském území (Slavík et al., 2004). Přestože někteří odborníci zkoumané evropské populace považují za populace druhu *Solidago altissima*, české populace jsou podle morfologických a cytologických argumentů RNDr. Slavíka zařazovány pod druh *Solidago canadensis* (Mlíkovský et al., 2006).

S. canadensis lze od svých ostatních „kolegů“ odlišit např. pomocí jazykovitých květů, které u něj jsou jen o malý kousek delší než květy trubkovité (www.kvetenacr.cz, © 2018). Snadnější je rozlišit zlatobýl kanadský od zlatobýlu obrovského pomocí stonku –

u obrovského není pokryt chloupky. Oba tyto druhy se liší také ploiditou – *S. canadensis* je diploidní druh, zatímco *S. gigantea* je tetraploidní (Moran et al., 2017).

Za domácí druh se u nás považuje *S. virgaurea* (zlatobýl obecný). Od kanadského příbuzného se dá rozpoznat např. také řapíkatými listy a většími semeny. Severoamerický druh *S. graminifolia* se zase liší celokrajnými listy a chocholičnatou latou (Slavík et al., 2004).

Co se mezidruhového křížení týče, v Česku byla zjištěna hybridizace *S. canadensis* s původním *S. virgaurea* (Mlíkovský et al., 2006). Tyto dva druhy se však liší obdobím kvetení (*S. canadensis* kvete později), takže se u nich nepředpokládá křížení škodící ve velkém měřítku (Kabuce et al., 2010). Podle názoru některých expertů se mohou geneticky mísit i oba nepůvodní severoamerické druhy *S. canadensis* a *S. gigantea*. Tato problematika však vyžaduje další a podrobnější zkoumání (Mlíkovský et al., 2006).

Mezidruhová křížení zvyšují genetickou rozmanitost rodu *Solidago* a tím se může zvyšovat šance na další úspěšné expanze jeho druhů. Svou roli v obohacování genetické výbavy také sehrává šlechtění okrasných kultivarů zlatobýlů (Podstawková, 2016).

5 METODIKA

Touto kapitolou začíná praktická část diplomové práce. Postupně jsou zde popsány všechny terénní, laboratorní i statistické a výpočetní činnosti. Veškeré úkony navazují na vlastní bakalářskou práci z roku 2018 (vegetační období 2017).

5.1 Terénní práce na odkališti v Dolní Lištné

Podkapitola popisuje terénní činnosti a získávání dat v prostředí odkaliště.

5.1.1 Průzkum terénu a výběr studijních ploch

Území celého odkaliště je dost rozlehlé. Vzhledem k tomu, že nejstarší nejnižší hráze prošly rekultivací a dnes už je pokrývá les, byla **zájmová oblast** odkaliště zúžena na jeho **nejvýše položenou vnitřní plochu**, která je obklopena nejmladší okrajovou hrází. Ta zároveň slouží jako jakási vyvýšená hraniční stezka okolo nejmladší části odkaliště.

Před zahájením terénního studia druhu *S. canadensis* bylo zapotřebí zjistit aktuální stav prostředí odkaliště a najít bývalé výzkumné plochy. Na základě prvotního průzkumu na jaře 2019 bylo zájmové území přibližně rozčleněno podle biotopů (Obrázek 7). Tyto biotopy byly označeny písmeny A-F a jsou stručně popsány v Tabulka 2. Oproti členění z roku 2017 se liší. Důvodem je lepší poznání prostředí odkaliště a posun v jeho vývoji.



Obrázek 7: Biotopy v zájmovém území odkaliště (Mapy.cz, 2020 – upraveno autorem)

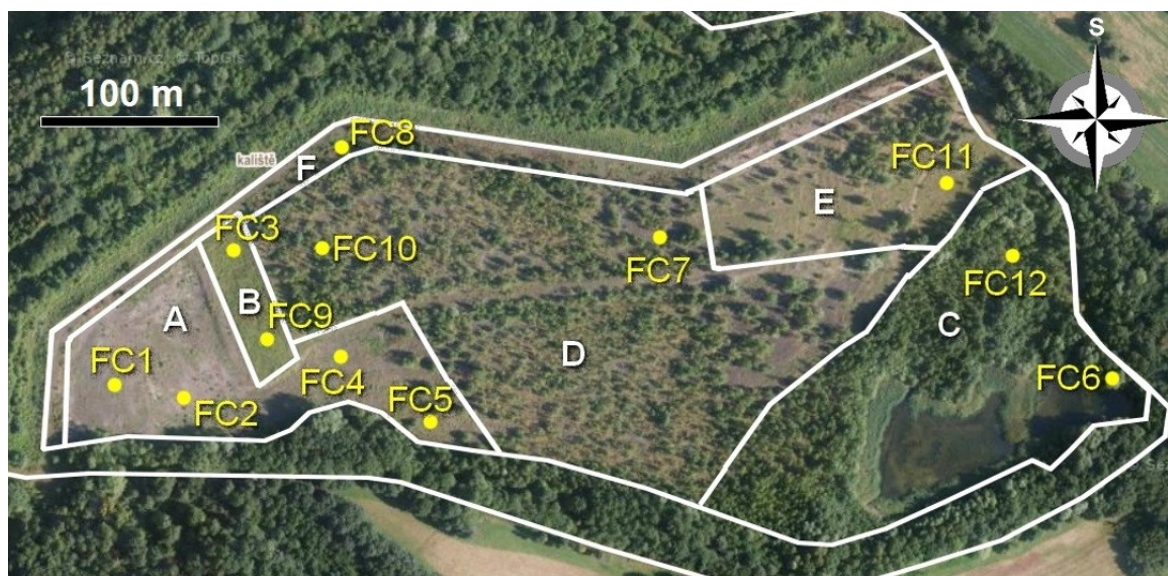
Pozn.: Okolní ohraničená plocha vymezuje starší hráze – již mimo zájmové území.

Tabulka 2: Stručná charakteristika biotopů v zájmovém území odkaliště na základě terénního odhadu

Biotop	Půda	Vodní poměry	Světelné podmínky	Typ vegetace
A	písečná	suché	plné oslunění / polostín	ruderální / bezlesí (xerothermní)
B	jílovitohlinitá	vlhké / mokré	polostín	ruderální / bezlesí (silné zmlazení dřevin)
C	hlinitá	vlhké	polostín / stín	ruderální / les (lužní)
D	jílovitá	suché / vlhké	polostín	ruderální / les (pionýrské dřeviny)
E	hlinitopísečná	suché / vlhké	plné oslunění / polostín	ruderální / luční
F	hlinitojílovitá	suché / vlhké	plné oslunění / polostín	ekotonální / bezlesí

V rámci těchto biotopů pak bylo zvoleno celkem **12 velkých čtvercových studijních ploch, s rozměry 10x10 m, označených FC (1 až 12)** (podle fytoecologických snímků) – viz Obrázek 8. Přesná lokace každé této plochy je uvedena v Příloha 2. Jejich umístění tentokrát nebylo náhodné, ale cílené – tak, aby každá studijní plocha poskytla reprezentativní vzorky charakterizující daný biotop v zájmovém území. Při výběru bylo zohledněno umístění bývalých výzkumných ploch, charakteristické mikroklima stanoviště a hlavně rozšíření *S. canadensis* a ostatní vegetace.

V každé ploše FC byla provedena fytoecologická analýza, odebrán vzorek pro půdní semennou banku a instalována jedna semenná past – viz. Podkapitoly 5.1.3, 5.1.5 a 5.2.1.



Obrázek 8: Rozmístění studijních ploch FC (Mapy.cz, 2020 – upraveno autorem)

V každé z těchto velkých ploch FC byly následně náhodným výběrem vytyčeny **3 malé čtvercové monitorovací plošky, označeny MP (1.1 až 12.3), s rozměry 1x1 m – celkem tedy vzniklo 36 MP**. Srovnání všech plošek a jejich vizuální vývoj je k nahlédnutí v Příloha 3.

V každé plošce MP byly sledovány prýty *S. canadensis* (počet, výška, jejich kvetení a plazení) a jejich plodící lodyhy. V rámci příslušných FC pak poskytly směsné vzorky půdy pro prvkovou a síťovou analýzu. Zmíněné práce jsou opět rozepsány v příslušných podkapitolách (5.1.4, 5.2.2, 5.2.3 a 5.2.4).

5.1.2 Charakteristika ploch FC a plošek MP

Každá ze zvolených velkých studijních ploch měla svá přírodní specifika, a to se odrazilo i na výskytu zlatobýlu kanadského. Tato podkapitola blíže charakterizuje každou z FC ploch a její malé plošky MP.

5.1.2.1 Fytocenologický snímek č. 1

První plocha FC1 byla vytyčena v biotopu A, na místě stejně označené bývalé plochy – nadhled od jedné ze dvou příjezdových komunikací odkaliště.

Toto místo patří mezi nejvíce osluněné plochy, neboť na něj nedosáhne ani stín okrajového lesa. Druhů zde nerostlo mnoho a zlatobýl kanadský zde byl jedním z nejvíce viditelných. Bez vegetace však toto stanoviště bylo asi z 50 % (viz Obrázek 9).

Zdejší substrát byl velmi sypký a ostrohranný – částice strusky dosahovaly rozměrů až 2 cm. Zastoupen však byl i popílek. Směs připomínala lehké písčité půdy (Obrázek 9).



Obrázek 9: Situace a půda na ploše FC1 (Majewská, 2019)

V jedné z monitorovacích plošek zlatobýl kanadský nerostl (viz Obrázek 10).



Obrázek 10: MP1.1 až MP1.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.2 Fytocenologický snímek č. 2

Tento snímek (FC2, na Obrázek 11) také navázal na umístění bývalé plochy, a tedy byl vyměřen nedaleko prvního snímku (v biotopu A). Byl mu velmi podobný – také se nacházel na osluněné rovině, avšak díky okolnímu nízkému porostu bříz a jehličnanů býval z části dne místy krytý polostínem. Vegetace zde pokrývala max 50 % plochy a zájmového druhu zde rostlo očividně méně než v FC1.

Půdní substrát se prakticky shodoval s předchozí plochou (Obrázek 11). Také byl tvořen proschlou směsí ostrohranné strusky a prachu, čímž by se dal zrnitostně zařadit mezi lehké písčité půdy. Zde však byla půda z velké části krytá odumřelou dřevní hmotou, navíc s občasným výskytem plodnic hub.



Obrázek 11: Situace a půda na ploše FC2 (Majewská, 2019)

Co se malých plošek týče, i ty byly velmi skoupé na vegetaci, a opět v jedné MP nerostl zlatobýl vůbec (viz Obrázek 12).



Obrázek 12: MP2.1 až MP2.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.3 Fytocenologický snímek č. 3

Třetí plocha (Obrázek 13) byla vytyčena v biotopu bývalé sečené louky (B), která zde rostla ještě v roce 2017. V době terénních prací 2019 už toto místo hostilo především mladé břízy, olše a traviny, proto se už nepovedlo najít vytyčení staré výzkumné plochy. Mladé dřeviny poskytovaly bylinám ve snímku FC3 prakticky celodenní dávku polostínu. Vegetace zde celkově pokrývala celých 100 m² a výrazný rozdíl oproti ruderálním snímkům byl i ve vyvinutějším mechovém patře. Zlatobýl kanadský zde nebyl viditelný.

Půdní substrát se také výrazně lišil. Struska ani popílek zde nebyl patrný, neboť zdejší prostor byl pravděpodobně zakryt nepropustnou folií (viditelnou na okrajích hráze) a zkušebně zavezen kvalitnější zeminou. Díky tomu se ve zdejší půdě držela vlhkost a po deštích byla zemina dokonce úplně promočená. Zrnitostně byla odhadnuta na jílovitohlinitou půdu (viditelnou na Obrázek 13).



Obrázek 13: Situace a půda na ploše FC3 (Majewská, 2019)

Ve zdejších ploškách nerostly žádné zlatobýly, což je patrné i z Obrázek 14.



Obrázek 14: MP3.1 až MP3.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.4 Fytocenologický snímek č. 4

Další snímek patřil k biotopu A, rozprostíral se na místě bývalé FC4 plochy a opět se podobal plochám FC1 a FC2, jak je vidět i na Obrázek 15. Oslunění zde bylo celodenní a vegetace zde rostlo jen velmi málo. Asi ze 70 % se jednalo o pustou plochu, mech a stromy zde například nerostly vůbec a *S. canadensis* byl jedním z mála druhů, který snášel místní výheň.

Ta byla umocněna tmavým strusko-popílkovým substrátem (viz Obrázek 15), který byl velmi skeletovitý, prosušený a opět připomínal lehké písčité půdy. I přes částečné pokrytí substrátu odumřelým dřevem se jednalo o jedno z nejsušších stanovišť.



Obrázek 15: Situace a půda na ploše FC4 (Majewská, 2019)

Výše popsanému odpovídal i stav v monitorovacích ploškách, kdy v jedné z nich nerostla téměř žádná vegetace – ani zlatobýl kanadský. Situace je zachycena na Obrázek 16.



Obrázek 16: MP4.1 až MP4.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.5 Fytocenologický snímek č. 5

Pátá plocha (FC5) byla umístěna opět do biotopu A, v místě stejnojmenné staré plochy, tedy nadhled od FC4. Oproti čtvrtému snímku nebyla zdejší vegetace tolik vystavena slunci, a to díky přilehlému lesnímu porostu na okraji odkaliště, který poskytoval asi polovinu dne stín. V rámci biotopu A byl zlatobýl kanadský nejhojnější právě na tomto místě a jeho prýty zde viditelně tvořily nejvíce nadzemní biomasy, což je viditelné i na Obrázek 17. Přesto asi 40 % plochy snímku bylo bez vegetace.

Propustný substrát ze strusky a popílku opět připomínal lehkou písčitou půdu, dosti skeletovitou a prosušenou (viz Obrázek 17). Místy byl povrch pokryt mechem.



Obrázek 17: Situace a půda na ploše FC5 (Majewská, 2019)

Na rozdíl od ostatních FC ploch biotopu A, rostl *S. canadensis* v rámci páté plochy v každé ze zdejších monitorovacích plošek MP5.1 až MP5.3, jak je patrné i z Obrázek 18.



Obrázek 18: MP5.1 až MP5.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.6 Fytocenologický snímek č. 6

Tento snímek byl vytyčen v biotopu C vedle vodní plochy odkaliště, poblíž přepadové věže, tedy na stejném místě jako před 2 lety. Skrz FC6 vedla pěšinka pokračující dále po břehu onoho „rybníka“. Tato plocha jako jediná nebyla zcela rovinou – mírně se svažovala směrem k vodě.

Zdejší vegetace připomínala hustý vlhký les z tenkokmenných stromů, který vrhal na stanoviště celodenní polostín, v létě až úplný stín (viz Obrázek 19). Zlatobýl kanadský zprvu nebyl v záplavě zeleně znatelný, ale rostl zde. Vyvinuté zde bylo poměrně pestré bylinné i mechové patro.

Půdní poměry zde byly o poznání příznivější než u většiny předchozích snímků. Půda byla vlhká (ale ne promočená jako v biotopu B), bez znatelné strusky či popílku a viditelně humóznější. Byla zařazena mezi hlinité půdy a ukazuje ji Obrázek 19.



Obrázek 19: Situace a půda na ploše FC6 (Majewská, 2019)

V každé zdejší monitorovací ploše se vyskytl zástupce zlatobýlu kanadského. Pohledy na MP6.1 až MP6.3 jsou vidět na Obrázek 20.



Obrázek 20: MP6.1 až MP6.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.7 Fytocenologický snímek č. 7

Sedmá plocha byla vytyčena na téže staré ploše v biotopu D, typickém roztroušenými břízami a dalšími mladými dřevinami (Obrázek 21). V FC 7 stromy poskytovaly řídkému bylinnému patru asi z poloviny dne polostín. Zájmový druh zde byl jedním z nejvýraznějších, jinak byla plocha asi ze 70 % bez vegetace. Stanoviště také bylo typické širokým pokrytím země jedním druhem mechu. Na podzim zde vyrostly drobné houby.

Svrchní vrstvu substrátu zde tvořil hlavně prašný popílek, který byl většinou velmi proschlý a připomínal jílovité půdy, což lze vidět i na Obrázek 21. Půda tedy nebyla skoro vůbec skeletovitá a svou šedou barvou téměř připomínala „měsíční prach“. Na jejím povrchu bylo časté roztroušené odumřelé dřevo. Během podzimu byl substrát místy rozrytý, pravděpodobně divokými prasaty.



Obrázek 21: Situace a půda na ploše FC7 (Majewská, 2019)

Situaci kopírovaly monitorovací plošky, ve kterých kromě jedinců zlatobýlu kanadského nerostlo téměř nic. To je vidět i z Obrázek 22.



Obrázek 22: MP7.1 až MP7.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.8 Fytocenologický snímek č. 8

Tento snímek byl jediným zástupcem biotopu F. Umístěn byl do prostoru mezi roztroušeným březovým porostem a okrajovou hrází odkaliště, a to v místě staré plochy FC8.

Místo bylo z poloviny dne osluněné, po zbytek dne kryté polostínem. Zdejší vegetace byla poměrně pestrá a naznačovala mix mezi vegetací uvnitř zájmového území a vegetací vně – na nižších, starších, již rekultivovaných částech odkaliště (Obrázek 23). Zlatobýl zde byl poměrně častý.

Zdejší půdní poměry připomínaly plochu FC7, jen více humusovější, vlhčí a prorostlejší kořeny. Půda tedy byla zařazena jako hlinitojílovitá a je vidět na Obrázek 23. Místa byla kryta odumřelou dřevní hmotou, mechem a na podzim zde také vyrostly houby.



Obrázek 23: Situace a půda na ploše FC8 (Majewská, 2019)

V každé MP osmé plochy rostly prýty zlatobýlu kanadského (Obrázek 24).



Obrázek 24: MP8.1 až MP8.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.9 Fytocenologický snímek č. 9

Devátým snímkem se pozornost vrací k biotopu B. Plocha FC9 byla vytyčena nově, a to nadhled od FC3. Jednalo se v podstatě o vlhčí polovinu oné bývalé louky.

Vegetace zde pokrývala 100 % plochy a byla typická nálety vrb, olší a dalších dřevin, které částečně stínily bylinné patro tvořené hlavně travinami, což lze vidět i na Obrázek 25. Stejně jako v případě FC3, i zde bylo vyvinuté mechové patro a zástupci zlatobýlu zde téměř nebyli.

Půda i její podmínky byly prakticky totožné s třetím snímkem, rozdíl byl jen ve větší promočenosti – místo bylo položeno o něco málo níže než FC3. Jemnozrnná navezená zemina byla určena jako jílovitohlinitá a je viditelná na Obrázek 25.



Obrázek 25: Situace a půda na ploše FC9 (Majewská, 2019)

V jedné monitorovací ploše se zlatobýl nevyskytoval vůbec, v ostatních téměř také ne (Obrázek 26).



Obrázek 26: MP9.1 až MP9.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.10 Fytocenologický snímek č. 10

FC10 byl druhým ze dvou reprezentantů biotopu D a tato plocha byla vytyčena nově. Zdejší vegetace byla typická řídkým lesíkem bříz a jiných mladých dřevin, které celodenně vrhaly polostín na bylinné patro, v němž byl zájmový druh poměrně častý (Obrázek 27). Pokrytí země mechem bylo menší než v FC7. Bez vegetace bylo přibližně 20 % plochy snímku.

Podobnost desátého snímku se sedmou plochou byla i v půdních poměrech. Substrát byl tvořen hlavně jemnozrnným, šedým, prašným popílkem, který však byl zpevněn kořeny rostlin a zřejmě také byl o něco humusovější (viz Obrázek 27). Odhadem byl zrnitostně zařazen k jílovitým půdám. Zem byla z části krytá odumřelým listím a dřevem.



Obrázek 27: Situace a půda na ploše FC10 (Majewská, 2019)

I výskyt zlatobýlu v monitorovacích ploškách byl velmi podobný FC7 (Obrázek 28).



Obrázek 28: MP10.1 až MP10.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.11 Fytocenologický snímek č. 11

Další plocha byla nově umístěna do biotopu E, tedy do prostředí připomínající rozsáhlou louku či step s roztroušenými skupinami stromů. Přímě ve snímku nerostly žádné vzrostlé dřeviny – stanoviště tedy bylo vystaveno plnému oslunění. Výzkumná plocha byla zcela pokryta vegetací, a to hlavně travinami (třtinou křovištní) a zlatobýlem kanadským (viz Obrázek 29).

Půda byla vzdušná, zastoupen byl popílek i jemnozrnná struska, také byla výrazně prostoupena kořeny bylin, a i přes letní výheň nebyla suchá. Nejvíce připomínala hlinitopísčité půdy, jak je vidět i na Obrázek 29.



Obrázek 29: Situace a půda na ploše FC11 (Majewská, 2019)

Také monitorovací plošky pokrýval v podstatě jen porost trávy a zlatobýlu kanadského. Znatelné je to také z Obrázek 30.



Obrázek 30: MP11.1 až MP11.3 (Majewská, 2019)

5.1.2.12 Fytocenologický snímek č. 12

Poslední plocha se také vytyčila nově a zasazena byla do lesního biotopu C. Zdejší porost tvořily hlavně mladé a tenkokmenné stromy, nebyly však tak hustě zapojeny jako v případě FC6. Dřeviny poskytovaly bylinnému patru v ploše FC12 celodenní polostín, místy plný stín, což ukazuje i Obrázek 31. Zlatobýl kanadský se zde příliš nevyskytoval, zato mech poměrně hojně. Bez vegetace byl snímek asi z 10 %.

Místní půda byla velmi podobná půdě ze šesté plochy. Znatelné bylo prokořenění, vlhkost i přítomnost humusu. Struska ani popílek nebyly příliš patrné a zrnitostně byla půda odhadem zařazena mezi hlinité (Obrázek 31).



Obrázek 31: Situace a půda na ploše FC12 (Majewská, 2019)

Ve zdejších monitorovacích ploškách také rostli zástupci zlatobýlu kanadského, a to v každé z nich. Výskyt dohromady však byl jen v několika málo jedincích. Pohled na plošky shora je zachycen na Obrázek 32.



Obrázek 32: MP12.1 až MP12.3 (Majewská, 2019)

5.1.3 Fytocenologická analýza

Pro zjištění základního přehledu o místní vegetaci, byla v každé velké studijní ploše (tedy fytocenologickém snímku) FC provedena fytocenologická analýza podle curyšsko-montpelliérského systému a pomocí sedmistupňové (r-5) Braun-Blanquetovy stupnice pokryvnosti. Fytocenologické snímkování proběhlo celkem třikrát během vegetačního období roku 2019, přičemž rostlinné druhy byly určovány pomocí publikací Svět rostlin (Schauer, 2007), Co tu kvete? (Aichele, 2007) a Klíč k určování mechorostů ČSR (Pilous et al., 1960).

Touto analýzou byly získány informace o přítomnosti rostlinných druhů v jednotlivých patrech vegetace (v rámci všech aspektů v roce) a přibližná pokryvnost těchto druhů v ploše (snímku). Tato data pak posloužila ke zjištění plošného rozšíření zájmového druhu *S. canadensis*, určení odvozených společenstev rostoucích v prostředí odkaliště (viz Podkapitola 5.3.1), pochopení vztahů mezi rostlinnými druhy a celkovému obrazu o vývoji zdejší vegetace.

5.1.4 Monitorování výšky prýtů, počtu jedinců a pohlavní reprodukce

Bližší sledování *S. canadensis* se odehrávalo na monitorovacích ploškách MP. V každé z nich bylo od července do října (2019) jednou měsíčně změřena aktuální výška živých prýtů tohoto druhu – narovnáním každého stonku a odečtem jeho výšky od země v centimetrech pomocí svinovacího metru, přičemž u rozvětvených stonků se měřila nejvyšší část. Ze zaznamenaných údajů byl zároveň určen také počet prýtů (jedinců).

Kromě těchto dvou parametrů byl sledován i průběh kvetení a zrání semen u plodících jedinců. Byl zaznamenáván relativní začátek kvetení a zrání, a hlavně počet kvetoucích a plodících jedinců v každé MP. Po dozrání semen byly jejich laty sklizeny a uschovány do papírového sáčku (především se tak dalším ztrátám semen a plesnivění). Později se u těchto lat určovala plodnost (Podkapitola 5.2.2)

Takto nashromážděné údaje mohou vypovídat o procesu růstu a šíření *S. canadensis*, jeho zdravotním stavu a adaptabilitě k danému prostředí.

5.1.5 Děšť semen

Pro získání údajů o šíření semen zlatobýlu kanadského do okolí, byla na konci září do každé plochy FC instalována jedna tzv. semenná past (situována přibližně doprostřed plochy, mimo plošky MP). Pasti byly zkonstruovány z dřevěného rámu tvaru čtverce o rozměrech 1x1 m, na který byla povisle připevněna tkaná zahradní vodopropustná geotextilie. Tento rám byl opatřen čtyřmi dřevěnými stojkami, díky kterým mohl být rám posazen vodorovně 1 m nad terénem.

Po instalaci tedy vznikla v každém FC záchytná past o ploše 1 m² ve výšce 1 m (jak je vidět na Obrázek 33). Materiál zachycený na geotextilii pasti byl kontrolován přibližně každé 2 týdny, přičemž byl zapsán pouze počet uvízlých nažek *S. canadensis*. Po ukončení monitoringu v polovině listopadu byly pasti ještě před zimou demontovány a odvezeny.



Obrázek 33: Instalace semenných pastí (Majewská, 2019)

Pasti poskytují informace o dešti semen, tedy počtu semen spadlých na určitou plochu v terénu. To dodává povědomí o šíření zlatobýlích nažek pomocí větru v daných podmínkách prostředí, a tedy i v biotopu.

5.1.6 Odběr půdních vzorků

Pro celistvé studium zájmového druhu je důležité znát také situaci pod zemí. Z tohoto důvodu byly na odkališti v listopadu 2019 odebrány 2 druhy vzorků půdy.

Pro potřeby prvkové analýzy půdy (Podkapitola 5.2.3) a síťové analýzy (Podkapitola 5.2.4) bylo zapotřebí odebrat reprezentativní vzorky širšího rozsahu. Zvolena byla metoda **směsných vzorků**, kdy pro každý z dvanácti FC vznikl jeden výsledný vzorek. Ten vznikl smísením dílčích vzorků odebraných z každé příslušné MP z hloubky 0-10 cm. Směsné vzorky byly v terénu odebrány kovovou lakovanou lopatkou a uloženy do uzavíratelných polyetylenových sáčků. Výbava je zachycena na Obrázek 34. Po převozu do laboratoře se sáček nechal otevřený, aby nedocházelo k zapaření a nechtěné degradaci vzorku.



Obrázek 34: Odběr směsného vzorku půdy a Kopeckého váleček (Majewská, 2019)

Druhým typem byl **bodový vzorek**. Ten byl odebrán pro zjišťování půdní semenné banky (Podkapitola 5.2.1). V každé FC ploše v bezprostřední blízkosti semenné pasti byla pomocí Kopeckého válečku (na Obrázek 34) odebrána porušená půda z hloubky 0-5 cm a uzavřena krytkami. Po převozu do laboratoře byl váleček ponechán z jedné strany odkrytý – ze stejných důvodů jako u směsného vzorku.

5.2 Laboratorní práce

Po získání dat a vzorků z terénu je vždy zapotřebí jejich další analýza. Tato podkapitola proto popisuje všechny činnosti zpracování a získávání dalších dat v prostředí univerzitních laboratoří.

5.2.1 Půdní semenná banka

Tímto termínem jsou myšlena veškerá nevyklíčená a životaschopná semena vyskytující se v půdě na určitém místě. Tato zásoba generativních diaspor může vypovědět mnohé o minulosti, aktuálním stavu i potenciálu odkalištní vegetace. Pro potřeby této diplomové práce byl proveden jednorázový odběr vzorků pro půdní semennou banku (PSB), přičemž k analýze byly použity vzorky bodové (viz Podkapitola 5.1.6).

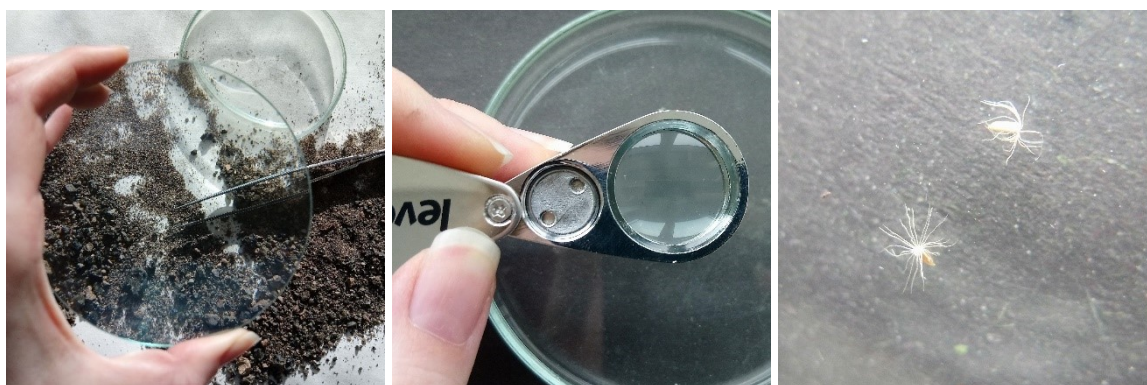
Získání semen ze vzorku půdy bylo provedeno tzv. extrakční metodou, tedy ručním vybíráním. Aby podmínky pro extrakci semínek byly co nejprůzračnější, bylo nejprve nutné každý vzorek očistit od zbytků stonků, kořenů a mechu. Poté se půda prosévala mokrou cestou (ve dřezu pomocí tekoucí vody) přes síto s velikostí ok 0,2 mm, a to do chvíle, než se vyplavila všechna jemnozem (u některých velmi skeletovitých vzorků bylo prosévání otázkou minut). Materiál, který zůstal v sítu se pak rozprostřel na filtrační papír a nechal se volně sušit v laboratoři při pokojové teplotě. Takto upravené vzorky setrvaly několik dní až týdnů. Kroky jejich zpracovávání jsou zachyceny na Obrázek 35.



Obrázek 35: Prosévání a sušení vzorků půdy pro PSB (Majewská, 2019)

Poté se již přešlo k samotné extrakci semen. K tomu bylo nutné dostatečné a rozptýlené světlo, pinzeta a často také lupa (Obrázek 36). Ze zbytků půdy byla pečlivě vybírána všechna nalezená, vizuálně neporušená semena (větší než 0,2 mm) a odkládána na Petriho misku k pozdější determinaci. Ověření životaschopnosti semínek se provádělo tzv. „seed crush“ testem. Pokud se vyskytly jílové hrudky, byly rozdrceny a také prohlédnuty. Pozornou detekcí prošly i porézní kusy strusky a zbytky kořenů. Takto se postupovalo u každého z 12 vzorků – extrakce jediného vzorku trvala asi 1-2 hodiny.

Determinace semen probíhala pomocí kvalitního osvětlení, Petriho misky, pinzety a lupy Levenhuk, která umožnila až 30násobné zvětšení (Obrázek 36). Jako literární opora posloužily publikace Atlas of Seeds and Fruits of Central and East-European Flora (Bojňanský et al., 2007), Kapesní atlas semen, plodů a klíčnicích rostlin (Lhotská et al., 1985) a on-line webový portál www.plantatlas.eu.



Obrázek 36: Extrakce a determinace semen z PSB a semena *S. canadensis* (Majewská, 2020)

5.2.2 Zjišťování plodnosti lat

Aby bylo možné určit plodnost zlatobýlů, tedy váhu a přibližný počet semen v jejich zralých latách (sběr lat zmíněn v Podkapitola 5.1.4), bylo nejdříve potřebné oddělit nažky od sušiny odumřelých lat. Plodností proto prošla ručním odsemeněním. K tomu posloužila černá hladká podložka (aby byly vidět vířící bílé nažky), štětec, pinzeta, Petriho misky a kvalitní osvětlení. Semena pak byla uschována do papírových sáčků.

Nažky poté byly váženy na analytických vahách, a to pro každou monitorovací plošku zvlášť. Nejdříve se určila hmotnost 100 semen, poté se zvážily všechny nažky z dané MP. Obojí v gramech a s přesností na 4 desetinná místa. Proces je zachycen na Obrázek 37.

Na základě těchto hodnot byl vypočten přibližný počet semen na monitorovací plošku, počet semen na latu a hmotnost tisíce semen (HTS) – jedná se o jednotku používanou u semen kulturních plodin. Tyto údaje mohou vypovídat o vztahu prostředí a míře investování jedinců *S. canadensis* do pohlavní reprodukce.



Obrázek 37: Sto semen v Petriho misce, jejich vážení a semena z celé MP v kádince (Majewská, 2020)

5.2.3 Prvková analýza půdy

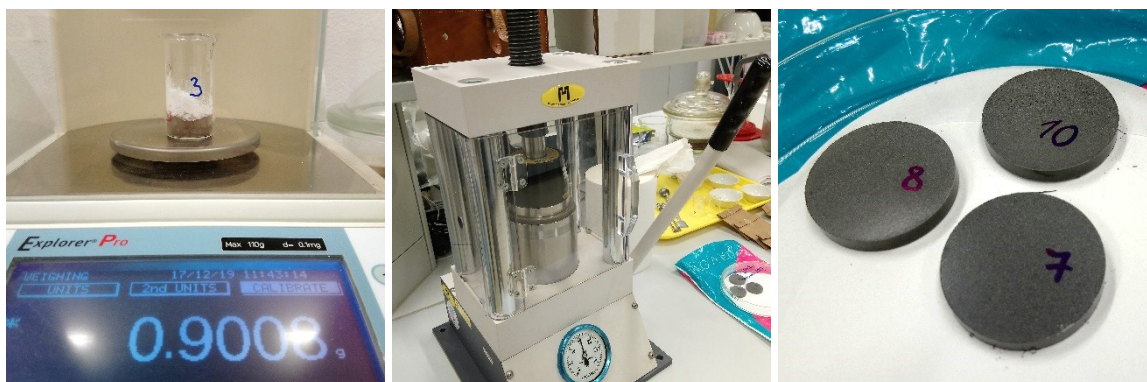
Povrch odkaliště skrývá toxický potenciál, alespoň co se půdního prostředí týče. Pro přiblížení stavu odkalištní půdy (nebo ve většině případů spíše zeminy či jen substrátu) byla zvolena analýza na zjištění jejího přibližného prvkového složení (chemismu).

Pro tyto účely posloužily směsné vzorky půdy (viz Podkapitola 5.1.6). Ty nejdříve musely projít dokonalejším smísením, pro větší reprezentativnost a snížení rizika zkreslení v důsledku lokálních extrémů. Z tohoto důvodu byla provedena u každého vzorku kvartace (na papírovém podkladu, 2-krát), čímž byl vzorek současně objemově zredukován. Poté se nechal proschnout na filtračním papíře. Následovala homogenizace pomocí keramické a achátové třecí misky s tloučkem, přičemž u velmi struskovitých vzorků bylo potřeba půdní materiál rozmělnit korundovým mlýnkem. Pro další kroky musel být vzorek zhomogenizován na zrnitost odpovídající mouce. Procesy jsou zachyceny na Obrázek 38.



Obrázek 38: Kvartace, mletí a homogenizace vzorku půdy (Majewská, 2019)

Takto zpracovaný vzorek byl odvážen (4 g) na analytických vahách do kádinky a smísl se pomocí skleněné tyčinky se speciálním voskem (0,9 g; Hoechstův vosk C – mikro-prášková tabletovací přísada). Dokonalé promíchání zajistila třecí miska. Směs se pak v manuálním hydraulickém lisu s matricí 32 mm slisovala pod tlakem cca 15 barů v tabletu, tzv. peletku (pracovní postup WD XRF, 2019). Některé z uvedených kroků ukazuje Obrázek 39. Po vyjmutí z lisu se peletky do doby analýzy uschovaly ve tmě v exsikátoru.

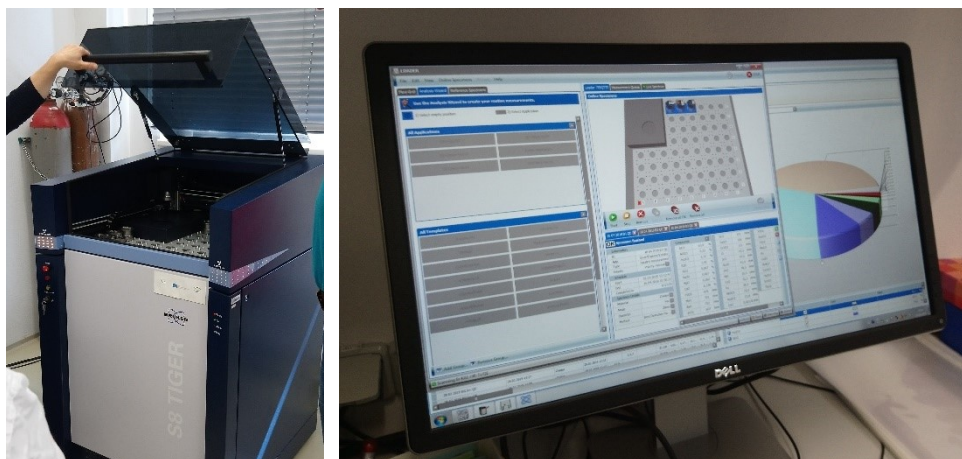


Obrázek 39: Proces tvorby peletek (Majewská, 2019)

Pro stanovení elementárního složení vzorku, redukce vlivu vázané vody a zjištění obsahu lehkých prvků bylo ještě nezbytné stanovit ztrátu žháním. Do zváženého porcelánového kelímku se tedy navážil přesně 1 g vzorku, vložil se do žhací pece a nechal se žihat při teplotě 1000 ± 10 °C po dobu 4 hodin. Poté se kelímek se vzorkem vyjmul, nechal vychladit v exsikátoru a opět se přesně zvážil (pracovní postup WD XRF, 2019).

Pro samotnou analýzu peletek byla použita metoda **WD XRF spektrometrie**, a to s použitím **vlnově disperzního rentgenfluorescenčního spektrometru S8 TIGER** firmy Bruker (na Obrázek 40 i s připojeným počítačem). Principem metody je ozáření vzorku elektronovým paprskem (RTG zářením), které u něj vyvolá sekundární fluorescenční záření.

To je pak přístrojem analyzováno na základě vlnové délky. Spektrum vzorku se vždy skládá z linií prvků, které jsou ve vzorku přítomny. Spektrometr umožnil plně automatickou analýzu v rozsahu Na – U. Zvolena byla metoda QUANT E, která poskytla údaje o obecném chemismu vzorků půdy (pracovní postup WD XRF, 2019).



Obrázek 40: Analyzování peletky ve spektrometru (Majewská, 2019)

5.2.4 Sítová analýza půdy

Směsné vzorky také prošly analýzou pro zjištění půdní zrnitosti. Nejprve se půda nechala vyschnout, pak byla zvážena na analytických vahách s přesností na desetinu gramu a poté proseta přes síto s velikostí ok 2 mm (Obrázek 41). Znovu zváženo bylo už jen nadsítné. V případě výskytu jílovitých shluků se nadsítné nechalo rozmočit ve vodě (Obrázek 41), pořádně se promíchalo v třepačce a nechalo důkladně vyschnout na filtračním papíru. Poté se materiál opět prošel a zvážil. Zváženy a odečteny byly i vyseparované rostlinné zbytky. Ze zapsaných hodnot pak byl vypočten podíl skeletu a jemnozeme v půdě.



Obrázek 41: Prosévání půdy a rozmáčení jílovitých vzorků (Majewská, 2020)

5.3 Softwarové a statistické zpracování dat

Všechny terénní i laboratorní údaje bylo nutné převést z poznámek do vhodných programů v počítači, aby se daly dále zpracovávat a vyhodnocovat.

5.3.1 Určování odvozených společenstev a diverzity

Zpracování dat z **fytocenologické analýzy** vyžaduje zvláštní podkapitolu. Finální zápis této analýzy byl proveden do Microsoft Excelu a je k nahlédnutí v Příloha 5. Pomocí tohoto programu pak také byly vypočítány indexy diverzity a vytvořen podklad pro určení odvozených rostlinných společenstev.

Aby bylo možné s daty statisticky pracovat, musela se fytoecenologická tabulka nejdříve upravit na sloučený formát bez rozlišení na vegetační patra. Po této úpravě již byla zjevná finální dominance a abundance jednotlivých druhů v rámci příslušných biotopů, což umožnilo určit **diagnostické (dg)**, **konstantní (c)** a **dominantní (dm) druhy** každého společenstva (z biotopů A až F). Jejich složení určuje, o jaké společenstvo rostlin v biotopu se jedná, nebo alespoň kterému je podobné.

Prostředí odkaliště je však antropogenně dané, vegetačně mladé a nepokrývá jej žádné, v naší krajině běžné společenstvo, které by se dalo standardně klasifikovat. Zdejší druhová skladba se rychle mění (i v horizontu několika let) a diagnostické druhy v podstatě chybí. Z tohoto důvodu byly dg-c-dm druhy určeny vizuálním srovnáváním a pomocí stálостní tabulky, načež posloužily jako vodítko k určení tzv. **odvozených společenstev** (je však nutné zmínit, že ani tento způsob klasifikace nelze považovat za úplně přesný). Zařazení bylo provedeno na základě publikací Synantropní vegetace na území města Ostravy – 2. část (Višňák, 1996), Půdní semenné banky posttěžební krajiny Horního Slezska (Švehláková, 2019) a databáze české flóry a vegetace – Pladias (pladias.cz, © 2020).

Sloučená fytoecenologická tabulka také posloužila pro změření **alfa diverzity**. Prvním krokem bylo převedení použité alfanumerické Braun-Blanquetovy stupnice na zcela číselné hodnoty, tedy na střední hodnoty procent pokryvnosti, což ukazuje Tabulka 3.

Tabulka 3: Překódování Braun-Blanquetovy stupnice

Braun-Blanquetova stupnice	r	+	1	2	3	4	5
Pokryvnost [%]	<0,5	0,5-1	1-5	5-25	25-50	50-75	75-100
Střední hodnoty pokryvnosti [%]	0,3	0,8	3	15	38	63	88

Alfa diverzita poté byla vyjádřena pro každou plochu FC a to výpočtem **Shannon-Wienerova indexu** (S-W) a **ekvitability** (E, neboli vyrovnanosti, odvozené z S-W indexu). V souvislosti s nimi byl také vyjádřen počet druhů. Vzorce použité k výpočtům a výpočetní tabulka jsou uvedeny v Příloha 6.

5.3.2 Zápis a editace ostatních terénních a laboratorních dat

Monitorování výšky prýtů, počtu jedinců a pohlavní reprodukce (Podkapitola 5.1.4) – získaná data byla zapsána do programu Microsoft Excel. V něm byl z jednotlivých výšek jedinců (prýtů) určen počet jedinců, spočítána průměrná výška prýtů v daných MP (k nahlédnutí v Příloha 4), přírůstek výšky a úbytek jedinců za sledované období. Údaje byly zpracovány také graficky.

Děšť semen (Podkapitola 5.1.5) – zapisovaný počet semínek zlatobýlu byl přenesen také do programu Microsoft Excel, kde byla vypočtena pouze suma zachycených nažek.

Půdní semenná banka (Podkapitola 5.2.1) – vzhledem k malému počtu extrahovaných semen byl jen zapsán jejich počet u příslušného druhu, spočtena suma semen ve vzorku v daném FC i u daného druhu, a také bylo vypočteno množství semen na 1 m² (v hloubce 0-5 cm). To vše v programu Microsoft Excel.

Zjišťování plodnosti lat (Podkapitola 5.2.2) – v programu Microsoft Excel byla z hmotnosti 100 semen, hmotnosti všech semen v MP a počtu sklizených lat dopočítána hmotnost 1000 semen (HTS), počet semen na MP a průměrný počet semen na latu. To vše také bylo zprůměrováno na plochy FC.

Prvková analýza půdy (Podkapitola 5.2.3) – výsledky WD XRF analýzy zpracoval software připojeného počítače do formy tabulky v Microsoft Excel.

Sítová analýza půdy (Podkapitola 5.2.4) – hmotnosti byly přepsány do programu Microsoft Excel, kde z celkové váhy vzorku bylo vypočteno hmotnostní % skeletu i jemnozeme.

6 VÝSLEDKY

V této části práce jsou uvedeny všechny poznatky a výsledné hodnoty získané z údajů předchozích kapitol. Z důvodu přehlednosti a větší vypovídací schopnosti jsou v této kapitole výzkumné plochy označeny příslušnou barvou a seřazeny podle příslušnosti k biotopu. Hierarchie je zjevná z Tabulky 4.

Tabulka 4: Hierarchie výzkumných ploch a plošek

Biotop	A				B		C		D		E	F
FC	FC1	FC2	FC4	FC5	FC3	FC9	FC6	FC12	FC7	FC10	FC11	FC8
MP	1.1	2.1	4.1	5.1	3.1	9.1	6.1	12.1	7.1	10.1	11.1	8.1
	1.2	2.2	4.2	5.2	3.2	9.2	6.2	12.2	7.2	10.2	11.2	8.2
	1.3	2.3	4.3	5.3	3.3	9.3	6.3	12.3	7.3	10.3	11.3	8.3

6.1 Odvozená společenstva a alfa diverzita

Společenstva rostlin v jednotlivých FC a vypočítané indexy s počtem druhů jsou přehledně sepsány v Tabulce 5.

Tabulka 5: Zařazení ploch FC do společenstev a vyjádření alfa diverzity

Biotop	FC	Zařazení společenstev	Počet druhů	S-W index	Ekvitabilita
A	FC1	Společenstva s vůdčím druhem <i>Solidago canadensis</i> : os. <i>Solidago canadensis</i> - [<i>Convolvulo-Chenopodiea/Arrhenatheretalia</i>]	18	2,41	0,83
	FC2		27	3,16	0,96
	FC4		17	1,61	0,57
	FC5		26	1,98	0,61
F	FC8		33	2,40	0,69
E	FC11		30	1,58	0,46
D	FC7		17	1,21	0,43
	FC10	Raná sukcesní společenstva s vůdčím druhem <i>Betula pendula</i>	31	1,78	0,52
B	FC3		27	1,79	0,54
	FC9		34	1,74	0,49
C	FC12		44	2,58	0,68
	FC6	Společenstvo směřující k <i>Salicion albae</i> de Soó 1951 (Svaz KAC)	43	2,04	0,54

Finálně byla vegetace zkoumaných ploch FC zařazena do 3 skupin, převážně odvozených společenstev.

Z Tabulky 5 je zřejmé, že počet skupin společenstev neodpovídá vymezení biotopů. To, že se na jednom fyziognomicky víceméně podobném biotopu vyskytuje více společenstev, nebo naopak jeden typ společenstva pokrývá více biotopů, není zas tak neobvyklé. Stačí mírně odlišné stanovištní podmínky (např. přítomnost vody, ekotonu apod.) a vegetace se začne vyvíjet lehce odlišně. Navíc v případě odkaliště se na povrchu vyskytují výhradně nevyvinutá, nestálá společenstva, u kterých je smysluplnější určit směr vývoje. Už jen v horizontu několika málo let může zdejší vegetace vypadat dosti odlišně.

Následující odstavce charakterizují 3 určené skupiny společenstev (pozn.: latinská jména rostlin jsou kvůli přehlednosti uvedena bez koncových zkratk. V plném znění jsou vypsána v seznamu uvedených rostlinných taxonů):

- **Společenstva s vůdčím druhem *Solidago canadensis***
 - **os. *Solidago canadensis*-[*Convolvulo-Chenopodiea/Arrhenatheretalia*]**

dg-c-dm: *Solidago canadensis*, *Ceratodon purpureus*, *Calamagrostis epigejos*

Tato společenstva jsou typická častou dominancí druhu *Solidago canadensis*. Jsou hodně nevyhraněná, sukcesně nezralá a pravděpodobně blokována ve svém vývojovém stadiu, což dokazuje mj. přítomnost rodu *Ceratodon*. Tento typ společenstva roste na sedmi FC, tedy na většině studovaných ploch. Byl zde zařazen i snímek FC8, který je ekotonální a druhově bohatší, a také FC11, který byl na první pohled podobný druhému typu společenstva. V tomto snímku se nejvíce projevila kodominance *S. canadensis* a *C. epigejos*. Obecně jsou tato odvozená společenstva spíše druhově chudá, nehostí prakticky žádné keře a uplatňují se zde spíše kvetoucí (např. *S. canadensis*, *Hypericum perforatum*, *Oenothera glazioviana*, *Lathyrus sylvestris*) a suchomilné byliny (*Arenaria serpyllifolia*) v doprovodu trav (*C. epigejos*, *Poa nemoralis*).

Tato odvozená společenstva se vyvíjí na antropogenních půdách, často vysychavých s příměsí skeletu. Zpravidla jde o osluněná stanoviště s nízkým obsahem půdních živin (Višňák, 1996).

- **Raná sukcesní společenstva s vůdčím druhem *Betula pendula***

dg-c-dm: *Betula pendula*, *Calamagrostis epigejos*, *Brachythecium* spp.

V tomto typu společenstva je hojný výskyt druhu *Betula pendula*, a to jak ve stromovém patře (v případě FC10 a FC12), tak i v patře keřovém (FC3 a FC9). Tato

dřevina zdatně konkuruje *C. epigejos* v bylinném patře, kde byl zaznamenán častý výskyt náletů dalších stromů. Jinak ale bylo v tomto typu společenstva keřové patro nevyvinuté a spíše se uplatnily traviny. Kvetoucí byliny byly většinou potlačeny buď v důsledku expanze *C. epigejos*, nebo jim nevyhovovaly příliš výsušné podmínky jemnozrné půdy spolu se zastíněním vzrostlými břízami. V případě vlhčích podmínek FC3 a FC9 dominoval v mechovém patře *Brachythecium* spp.

Vegetace těchto společenstev je sukcesně mladá a nezralá. Je možné, že bude také blokována *C. epigejos*.

- **Společenstvo směřující k *Salicion albae* de Soó 1951 (Svaz KAC)**

dg-c-dm: *Salix x rubens*, *Brachythecium* spp., *Cornus* sp.

FC6 vykázal dost specifický charakter vegetace. Jelikož se jednalo jen o jeden snímek, nemohla se použít stálостní tabulka, ale z dominantních druhů jasně vyplynul vliv vodního prostředí. Stromovému patru dominoval druh *Salix x rubens*, v doprovodu *Alnus glutinosa*. V keřovém vzrůstu byly výrazné druhy jako *Cornus* sp. a *Fraxinus excelsior*. V podrostu se vyskytovaly druhově bohaté nitrofilní byliny a mechovému patru vévodil *Brachythecium* spp. Takové společenstvo se pravděpodobně vyvíjí směrem k vrbotopolovým luhům, přestože druhová skladba je méně typická – je totiž ovlivněna netypickým substrátem a ruderalizací.

Druhová diverzita alfa byla vyjádřena u každé plochy FC, a to počtem druhů, Shannon-Wienerovým indexem (S-W indexem) a ekvitabilitou (vyrovnaností) (viz Tabulka 5).

Nejvyšší **počet druhů** byl podle očekávání zaznamenán v lesních snímcích FC12 a FC6 – 44 a 43 druhů, nejmenší počet vykázaly výrazně ruderní snímky FC4 a FC7 – jen 17 druhů. **S-W index** se většinou pohybuje v rozmezí 1,5-4,5 (Divíšek et al., 2013). Do tohoto rozpětí se "vměstnaly" všechny plochy kromě druhově nejméně pestrého snímku FC7 (s hodnotou 1,21). Nejvyšší hodnota indexu (3,16) byla překvapivě vypočtena u poměrně nehostinného FC2. Tento snímek také vykazuje téměř stoprocentní **vyrovnanost** (0,96), zato nejméně vyrovnaný byl druhově chudý ruderní snímek FC7 – 0,43.

6.2 Vegetativní charakteristiky zlatobýlu kanadského

Do této skupiny výsledků byly zařazeny informace o pokryvnosti druhu v FC a údaje o výšce prýtů a jejich počtu. Tyto znaky lze vnímat jako součást vegetativního šíření druhu.

6.2.1 Pokryvnost

Informace o pokryvnosti *S. canadensis* vychází z fytocenologické analýzy, kdy byla zaznamenána dominance či abundance i u toho druhu. Procentuální vyjádření pokryvnosti druhu v jednotlivých plochách FC ukazuje Tabulka 6, kde je zapsáno nejvyšší dosažené odhadnuté rozpětí této charakteristiky za sledované vegetační období.

Tabulka 6: Pokryvnost zlatobýlu kanadského v plochách FC [%]

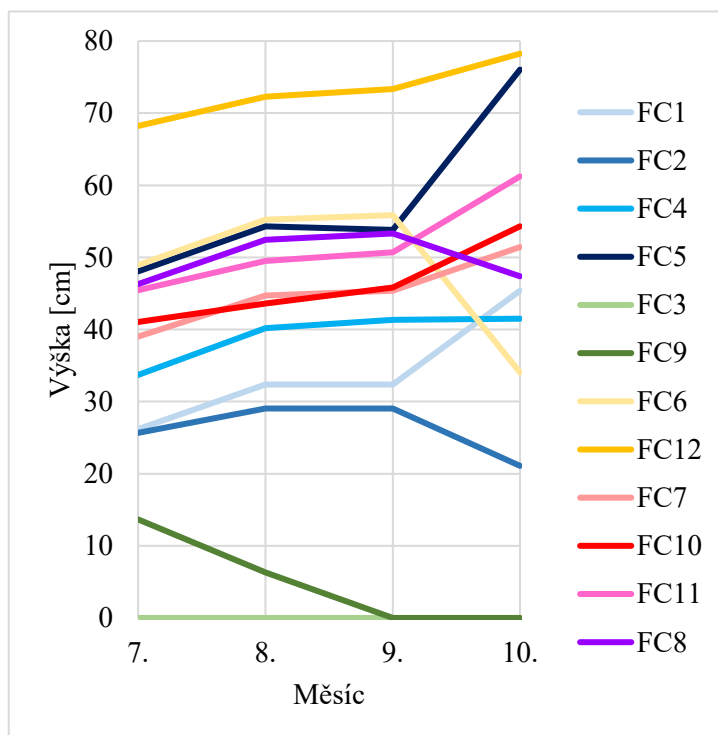
Druh	A				B		C		D		E	F
	FC1	FC2	FC4	FC5	FC3	FC9	FC6	FC12	FC7	FC10	FC11	FC8
<i>S. canadensis</i>	1-5	0,5-1	0,5-1	5-25	0	<0,5	0,5-1	0,5-1	1-5	1-5	25-50	1-5

Vůbec nejnižší pokryvnost byla zaznamenána v hustě zarostlém biotopu B, kde se vyskytlo jen několik jedinců zájmového druhu. V FC3 dokonce žádný. O trochu rozšířenější byl tento druh v lesnatém biotopu C. Jakýsi střed lze vypočítat v rudérálním biotopu A, kde zlatobýl pokrýval většinou cca 1 % plochy, ale např. v FC5 se rozšířil až do čtvrtiny snímku. Plochy biotopu D i F pokrýval druh přibližně z 1-5 %. Vůbec nejvyšší pokryvnosti dosáhl zlatobýl v lučně-rudérálním biotopu E – až poloviny plochy FC11.

6.2.2 Výška a počet prýtů

Průměrná **výška** prýtů zlatobýlu kanadského v jednotlivých FC během měsíců monitorování je zapsána v Tabulka 7. Stejná tabulka obsahuje i vypočtený přírůstek (v záporu úbytek) výšky mezi začátkem a koncem období měření (červenec až říjen). Přehledně vývoj vzrůstu zachycuje také Graf 1.

Hodnoty do jisté míry odrážejí pokryvnost druhu. Např. v FC3 a FC9, kde *S. canadensis* nerostl vůbec, nebo se po létě vytratil. Ve většině FC se výška prýtů na konci léta pohybovala mezi 30-55 cm. V říjnu se už jejich průměrná výška rozchází, např. na zlatobýl bohatý rudérální FC5 ještě hodně vzrostl a dosáhl téměř na hodnoty jedinců z lesního FC12 (až průměrně 78 cm). Nejvyšší celkový přírůstek byl opět v FC5, největší úbytek v FC6 a FC9. Zato např. FC8 spíše stagnoval.

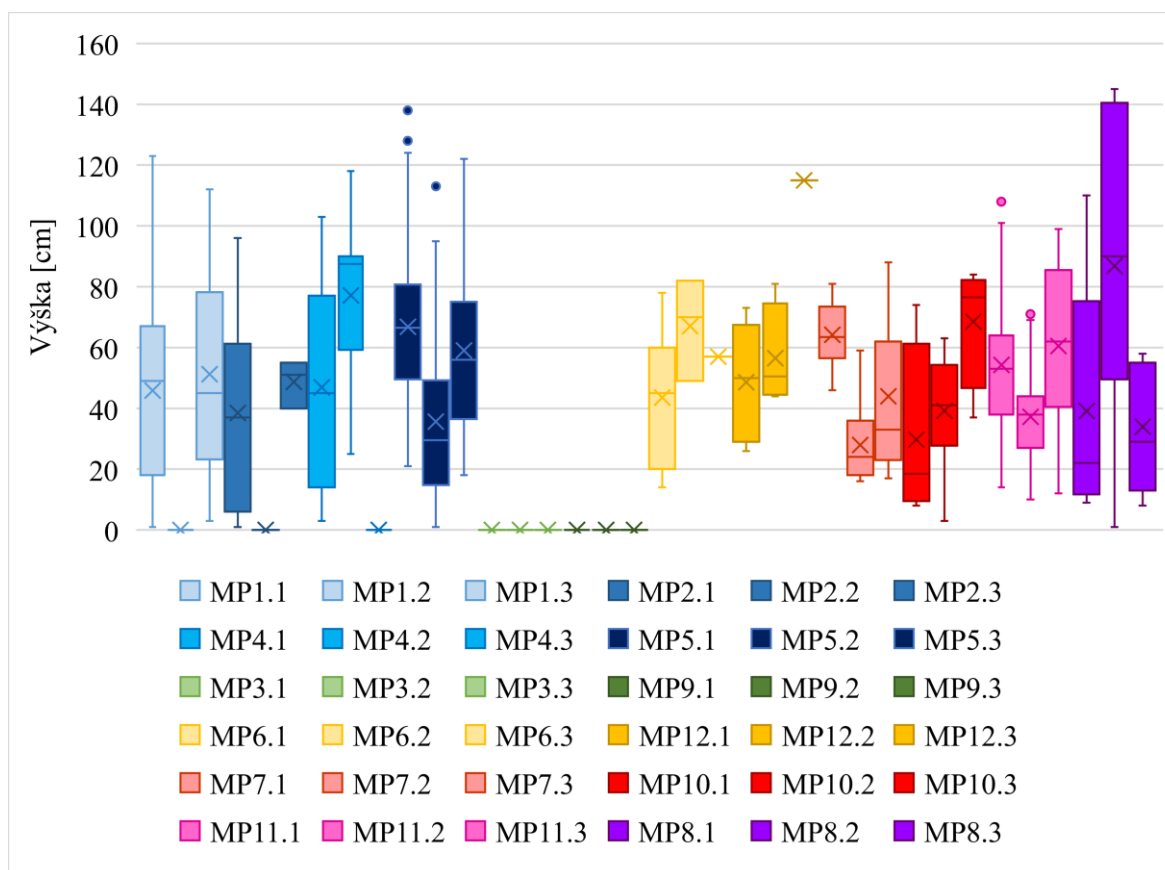


Tabulka 7: Vývoj průměrného vzrůstu prýtů a přírůstek výšky

FC	Měsíc				Přírůstek [cm]
	7.	8.	9.	10.	
FC1	26	32	32	45	19
FC2	26	29	29	21	-5
FC4	34	40	41	42	8
FC5	48	54	54	76	28
FC3	0	0	0	0	0
FC9	14	6	0	0	-14
FC6	49	55	56	34	-15
FC12	68	72	73	78	10
FC7	39	45	45	51	12
FC10	41	44	46	54	13
FC11	45	50	51	61	16
FC8	46	52	53	47	1

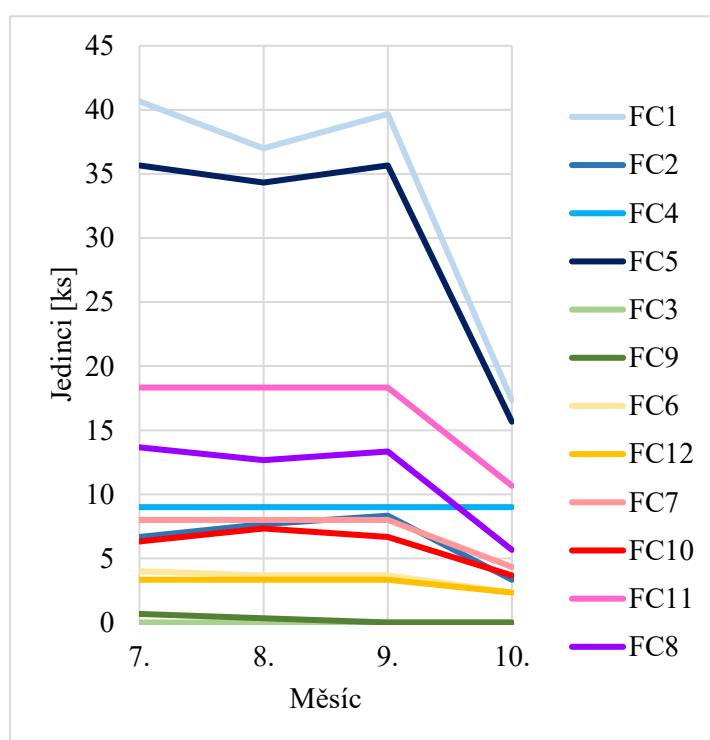
Graf 1: Vývoj průměrné výšky prýtů

Graf 2 ukazuje srovnání výšek prýtů zlatobýlu ve všech MP při vrcholu růstu (září).



Graf 2: Srovnání vzrůstu druhu ve všech MP v 9. měsíci

Nejvíce početné populace zlatobýlu (viz Tabulka 8 a Graf 3) byly podle dat z MP v ruderálních plochách FC1 a FC5, kde bylo od července do září napočítáno v průměru cca 35-40 prýtlů na 1 m². Většina ploch se s **počtem jedinců** držela v rozmezí přibližně 3 až 18 ks na 1 m². Nejhůře na tom byly opět plochy FC3 a FC9, kde byly dohromady zaznamenány pouhé 2 prýty, které se vytratil ještě v létě. V FC8 (v jedné z MP) bylo zaznamenáno předčasné plošnější usychání prýtlů – příčina nebyla objasněna. Největší úbytek (od začátku do konce měření) se projevil dle očekávání u nejpočetnějších ploch FC1 a FC5. V říjnu již prakticky ve všech plochách přirozeně klesá počet prýtlů v důsledku prvních přízemních mrazů.



Tabulka 8: Vývoj průměrného počtu jedinců a jejich úbytek

FC	Měsíc				Úbytek [ks]
	7.	8.	9.	10.	
FC1	41	37	40	17	23
FC2	7	8	8	3	3
FC4	9	9	9	9	0
FC5	36	34	36	16	20
FC3	0	0	0	0	0
FC9	1	0	0	0	1
FC6	4	4	4	2	2
FC12	3	3	3	2	1
FC7	8	8	8	4	4
FC10	6	7	7	4	3
FC11	18	18	18	11	8
FC8	14	13	13	6	8

Graf 3: Vývoj průměrného počtu prýtlů

6.3 Generativní charakteristiky zlatobýlu kanadského

Této skupině výsledků byly přiřazeny informace o procesu kvetení a plození druhu v plochách FC, údaje o plodnosti lat, dešti semen a data půdní semenné banky. Tyto znaky lze vnímat jako projevy generativního způsobu šíření.

6.3.1 Proces kvetení a plození

Tvorba pohlavních orgánů byla zaznamenána jen v šesti plochách FC – tedy polovině. Bez pohlavní reprodukce zůstaly plochy biotopů B, C i D, což lze vyčíst i z Tabulka 9.

Tabulka 9: Počty kvetoucích a plodících jedinců

FC	Počet MP s kvetoucími či plodícími jedinci	Celkový počet kvetoucích prýtů	Celkový počet plodících prýtů
FC1	2	28	23
FC2	1	10	9
FC4	2	15	14
FC5	3	12	11
FC3	0	0	0
FC9	0	0	0
FC6	0	0	0
FC12	0	0	0
FC7	0	0	0
FC10	0	0	0
FC11	3	8	6
FC8	2	14	7

Nejdříve začal *S. canadensis* kvést v FC4, a to přibližně na začátku září. Ostatní plochy začaly nakvétat přibližně ve stejnou dobu, s asi jedno až dvoutýdenním zpožděním oproti FC4. Nejvíce kvetoucích jedinců (28) bylo napočítáno v FC1, kde v jedné monitorovací plošce byly prýty často rozvětveny (zřejmě kvůli okusu zvěří), a proto zde vyrostlo o to více květenství.

Zralých nažek, tedy stadia **plození**, se nedočkaly všechny laty, neboť nejmladší květy nezvládly první podzimní mrazy. Rozdíl v počtu kvetoucích a plodících prýtů je patrný i z Tabulka 9 – většinou se jedná jen o pár jedinců. Poněkud specifická byla situace v FC8, kde v nejplodnější MP došlo k předčasnému odumírání prýtů. Zlatobýly v tomto místě často nestihly dokvést, a pokud již došlo k tvorbě semen, nažky nestihly plně dozrát.

6.3.2 Plodnost lat

Z monitorovacích plošek, kde jedinci zlatobýlu dosáhli tvorby semen, byla získána také data o plodnosti jejich lat. Celkem se jednalo o 11 MP (jak lze vyčíst i z Tabulka 9 – s výjimkou lat z FC8, které nebyly podrobeny této analýze kvůli nedovyvinutým nažkám).

Výsledky vážení a výpočtů jsou uvedeny v Tabulka 10. Je však nutné podotknout, že hodnoty jsou pouze přibližné. Určité zkreslení vyplývá z doby sklizně, kdy v daný okamžik byly laty v mírně odlišném stadiu zralosti. Nažky nedozrávají v latě všechny najednou, ale postupně se uvolňují do okolí ještě předtím, než dozraje úplně celá lata. Další zhoršení porovnatelnosti výsledků je dáno povětrnostními vlivy v terénu. Podzimní počasí,

a především vítr zvyšují odnos ochmýřených semen do okolí. Tento vliv byl nejvíce patrný v monitorovacích ploškách FC4, jejichž laty byly dost „vyfoukané“ – tomu z velké části přispělo i brzké kvetení a plození v této ploše. Podobná ztráta semen byla znatelná i u lat z FC5, jen v menší míře. Také mechanické působení při průchodu zvěře či člověka zlatobýlím porostem, nebo vypadávání semen při sklizni může mít svůj vliv.

Výsledné hodnoty tedy nemohou vypovídat o skutečném počtu všech semen, které laty vyprodukovaly, a je potřebné brát v úvahu výše zmíněné skutečnosti.

Tabulka 10: Hmotnost a počet semen a počet lat v jednotlivých MP a jejich průměrné hodnoty

MP	Hmotnost semen [g]			Počet semen [ks]		Počet lat v MP
	100	1000	Celá MP	Celá MP	1 lata	
MP1.1	0,0037	0,0370	0,8442	22 817	4 563	5
MP1.3	0,0053	0,0530	14,5313	274 176	8 844	31
MP2.1	0,0052	0,0520	3,0188	58 054	6 450	9
MP4.1	0,0063	0,0630	1,2322	19 559	19 559	1
MP4.2	0,0067	0,0670	5,7551	85 898	5 727	15
MP5.1	0,0055	0,0550	2,1599	39 272	9 818	4
MP5.2	0,0050	0,0500	1,8099	36 198	7 240	5
MP5.3	0,0063	0,0630	0,5154	8 181	4 091	2
MP11.1	0,0089	0,0890	0,7689	8 640	4 320	2
MP11.2	0,0073	0,0730	0,1707	2 338	2 338	1
MP11.3	0,0061	0,0610	0,4520	7 410	2 470	3
FC	Průměrná hmotnost semen [g]			Průměrný počet semen [ks]		Průměrný počet lat v MP
	100	1000	MP	MP	1 lata	
FC1	0,0030	0,0300	5,1252	98 998	4 469	12
FC2	0,0017	0,0173	1,0063	19 351	2 150	3
FC4	0,0043	0,0433	2,3291	35 152	8 429	5
FC5	0,0056	0,0560	1,4951	27 884	7 049	4
FC11	0,0074	0,0743	0,4639	6 129	3 043	2

Pozn.: U průměrných hodnot FC byly případně započítány také MP bez plodících lat (nulové hodnoty); MP odpovídá 1 m².

6.3.3 Děšť semen

V této části nejsou výsledky nijak obsáhlé, protože počet zlatobýlích nažek zachycených semennými pastmi nebyl vysoký, jak ukazuje Tabulka 11. V polovině ploch FC nebylo za celou dobu monitorování nalezeno ani jedno semínko tohoto druhu. Nejvíce semen (18) bylo napočítáno v lesním snímku FC6, přestože se jednalo o vegetaci

nejzarostlejší plochu, ve které *S. canadensis* vůbec nekvetl. Naopak v místech s největším výskytem plodících zlatobýlů, jako FC5 a FC4, nebylo zachyceno prakticky nic.

Hlavní příčinou těchto nízkých čísel byla nedostatečná schopnost semenné pasti zachytávat spadlý materiál. Použitá tkaná zahradní vodopropustná geotextilie nebyla nijak fixovaná a v případě větru se mohla volně prohýbat a vzdouvat, neboť byla umístěna 1 m nad terénem. Navíc nepříliš drsný povrch tohoto materiálu nedokázal ochmýřené nažky mechanicky zachytit a udržet. V místech nekrytých vegetací před větrem proto zřejmě docházelo k neustálému odnášení semen. Tento fakt ukázala až praxe. V ploše, kde prakticky nefoukalo a geotextilie byla postupně alespoň trochu zatěžována a zdrsňována opadem ze stromů, se mohlo nažek zachytit více. To byl také případ FC6. Za pozornost stojí, že tento jev se kupodivu neuplatnil v podobném snímku – FC12.

Tabulka 11: Počet zachycených semen zlatobýlu

FC	10.10.	20.10.	31.10.	15.11.	Celkem
FC1	0	3	1	0	4
FC2	0	4	0	0	4
FC4	0	0	0	0	0
FC5	0	0	0	0	0
FC3	0	1	1	0	2
FC9	0	1	0	0	1
FC6	2	11	5	0	18
FC12	0	0	0	0	0
FC7	0	0	0	0	0
FC10	1	0	1	1	3
FC11	0	0	0	0	0
FC8	0	0	0	0	0

6.3.4 Půdní semenná banka

Zde uvedené výsledky se sice netýkají jen zájmového druhu, ale kvůli malému počtu napočítaných nažek *S. canadensis* (celkem pouhý 1 ks) sem byly zařazeny výsledky celé PSB. Počty nalezených životaschopných semen budou posléze v diskusi porovnány se záznamem fytoocenologických snímků v Příloha 5.

Z výsledků v Tabulka 12 je zřejmé, že zásoba životaschopných semen (větších než 0,2 mm) v odkalištní půdě není velká, ani druhově pestrá. Ve třech snímcích dokonce nebyla nalezena žádná určitelná semena. Nejčastěji se ve vzorcích vyskytovala semena *B. pendula*, přestože početně bylo nejvíce vyseparováno semínek druhu *Medicago lupulina*

– zvláště v FC9, kde bylo nalezeno celkem nejvíce semínek nejpestřejšího složení (ze 4 druhů). Nutno podotknout, že hodnoty mohou být zkresleny lokálními extrémy, neboť vychází z jednoho bodového vzorku. Stejně tak přepočet na plochu 1 m² je tímto silně ovlivněn.

Tabulka 12: Počty semen v půdní semenné bance

FC	1	2	4	5	3	9	6	12	7	10	11	8	Σ
<i>Aegopodium podagraria</i>								2					2
<i>Betula pendula</i>	4				4	4		15	19	3	1	14	64
<i>Daucus carota</i>										1	1		2
<i>Erigeron annuus</i>			2										2
<i>Lathyrus sylvestris</i>						2							2
<i>Medicago lupulina</i>						78		8		3	5		94
<i>Solidago canadensis</i>					1								1
<i>Torilis japonica</i>												1	1
<i>Urtica dioica</i>					1	1							2
Celkem ve vzorku [ks]	4	0	2	0	6	85	0	25	19	7	7	15	
Celkem na 1 m² [ks]	1 778	0	889	0	2 666	37 773	0	11 110	8 443	3 111	3 111	6 666	

Pozn.: U počtu semen na 1 m² půdy se počítá s hloubkou 0-5 cm, protože rozměry vzorku (Kopeckého válečku) jsou: poloměr: 53 mm, výška: 51 mm; Σ = celkem

6.4 Půdní aspekty prostředí

Do této části byly zařazeny výsledky chemického složení půdy a půdní zrnitosti. Tyto údaje částečně vypovídají o charakteru substrátu, ze kterého *S. canadensis* na odkališti vyrůstá.

6.4.1 Chemické složení půdy

WD XRF analýza poskytla následující údaje o obecném chemismu půdy v každé ploše FC (viz Tabulka 13). Hlavní a vedlejší prvky jsou zde vyjádřeny ve formě oxidů (v hmotnostních %), stopové prvky už jako samostatné elementy (v jednotkách mg/kg

sušiny neboli ppm, přičemž ppm je jednotka 10 000krát menší, než hmotnostní %). U tohoto laboratorního stanovení se udává nejistota měření 20 % a mez detekce stopových prvků 10 ppm.

Tabulka 13: Obecný chemismus půdy v plochách FC

Prvky	FC1	FC2	FC4	FC5	FC3	FC9	FC6	FC12	FC7	FC10	FC11	FC8
Prvky ve formě oxidů [hmotnostní %]												
Na ₂ O	0,31	0,34	0,30	0,32	0,30	0,27	0,31	0,31	0,30	0,28	0,28	0,27
MgO	2,09	1,92	2,22	2,49	4,45	4,39	2,16	1,97	2,31	2,59	2,48	2,79
Al ₂ O ₃	21,42	21,11	22,30	21,87	20,19	20,01	21,75	22,19	21,22	22,30	21,58	22,32
SiO ₂	54,31	56,63	54,71	53,94	35,20	34,87	40,98	40,91	40,77	42,70	52,45	42,97
P ₂ O ₅	0,17	0,20	0,17	0,20	0,67	0,93	0,28	0,32	0,23	0,25	0,27	0,30
SO ₃	0,14	0,14	0,08	0,12	0,43	0,52	0,19	0,26	0,36	0,20	0,23	0,22
K ₂ O	3,34	3,34	3,19	3,01	2,07	2,13	2,76	2,96	2,95	2,79	3,09	2,76
CaO	3,36	2,41	3,84	3,46	7,16	7,50	6,98	4,84	2,78	2,49	4,34	3,09
TiO ₂	1,17	1,11	1,21	1,11	1,11	1,27	1,09	1,18	1,13	1,26	1,14	1,24
MnO	0,17	0,13	0,17	0,23	0,11	0,11	0,17	0,13	0,14	0,16	0,13	0,16
Fe ₂ O ₃	10,38	8,90	9,98	8,94	6,82	7,30	8,22	7,26	8,26	8,54	8,38	8,77
Stopové prvky [ppm = mg/kg]												
Sc	23	23	25	24	29	27	28	30	28	32	24	28
V	136	131	150	137	182	181	152	155	156	164	144	155
Cr	149	159	134	126	159	157	165	144	136	147	129	146
Co	17	16	19	18	21	22	19	21	19	21	16	20
Ni	54	52	59	56	68	60	70	68	57	66	56	65
Cu	89	88	90	83	92	96	118	118	87	92	72	90
Zn	62	85	60	78	138	105	214	189	153	162	89	134
Ga	18	21	18	22	29	27	35	33	28	34	23	29
Rb	159	164	157	160	121	122	136	147	140	139	158	136
Sr	203	197	253	214	339	370	257	242	189	236	217	238
Y	46	44	49	39	42	43	42	44	40	43	41	43
Zr	818	718	1 111	3 620	161	168	165	171	168	184	861	189
Nb	19	19	21	26	18	18	16	17	17	20	20	19
Cs	28	36	30	30	29	27	38	40	32	33	27	32
Ba	541	558	708	570	1 157	1 357	679	716	677	719	650	702
La	58	51	66	49	70	69	63	70	55	60	47	59
Ce	126	118	126	121	130	128	124	136	121	128	119	130
Pb	37	51	34	48	87	71	109	101	86	102	52	84
Th	21	21	22	20	19	20	20	21	19	22	20	21

Z půdních makroživin pro rostliny (při zanedbání vodíku a kyslíku, který je přijímán jako H₂O) zde chybí uhlík a dusík. Z mikroživin zde nejsou vyjádřeny bór a molybden. Mo se ve vzorcích nacházel pod prahem detekce, neboť nebyl zaznamenán. Obsah prvků C, N

a B bohužel nešlo zvolenou metodou stanovit. V případě odkalištního substrátu se ovšem předpokládá specifické složení v oblasti kovů.

6.4.2 Zrnitost půdy

Pomocí sítové analýzy půdy byla zjištěna základní půdní zrnitost, tedy zastoupení frakce skeletu (půdní částice větší než 2 mm) a frakce jemnozeme (půdní částice menší než 2 mm). Zastoupení jejich podsložek (štěrk, písek, prach, jíl apod.) nebylo provedeno, tudíž u vzorků nelze přímo určit půdní druhy (texturu). Pro základní fyzikální charakter odkalištního substrátu, který není půdou v pravém smyslu a je tvořen hlavně frakcemi odpadního popela, však stačilo zjistit podíl zmíněných dvou složek – viz. Tabulka 14.

Tabulka 14: Zastoupení skeletu a jemnozeme ve vzorcích půdy

FC	FC1	FC2	FC4	FC5	FC3	FC9	FC6	FC12	FC7	FC10	FC11	FC8
Skelet [%]	27,4	39,9	45,9	37,2	1	1,4	0	0	0	0	29,5	0,1
Jemnozeme [%]	72,6	60,1	54,1	62,8	99	98,6	100	100	100	100	70,5	99,9

Z výsledků je zřejmé, že všechny plochy jsou z větší části tvořeny jemnozemí. Nejextrémnější je v tomto ohledu biotop C (žlutě) a D (červeně), kde byla půda zcela jemnozrná. Hned v závěsu jsou biotopy B (zeleně) a F (fialově), kde byl zjištěn skelet jen v zanedbatelném množství. O poznání více skeletovitá byla půda v biotopech E (růžově) a A (modře), kde nejvíce skeletu bylo zjištěno v nejnehostinnějším snímku FC4.

7 DISKUSE

Výsledky práce jsou v této části zhodnoceny a porovnány s poznatky jiných autorů i se závěry předchozího vlastního výzkumu v rámci práce bakalářské.

7.1 Vegetativní projevy šíření zlatobýlu kanadského

S. canadensis nejméně prosperoval v **biotopu B**, kde měl vůbec nejnižší pokryvnost v rámci FC ploch (méně než 0,5 %). Zaznamenáno bylo jen několik jedinců, kdy nejvyšší z nich byl jen 24 cm vysoký. Všichni zanikli ještě před koncem vegetační sezóny. Ještě před 2 lety bylo na stejném stanovišti zaznamenáno více zlatobýlů (až 41 ks/m²), kteří měli podobnou velikost (Majewská, 2018). V té době byl biotop tvořen lučními společenstvy, která byla minimálně jednou ročně sečena. Po utlumení sečby došlo k rozvoji *B. pendula* a zejména populace *C. epigejos*. V konkurenčním prostředí třtiny křovištní a mladých bříz zřejmě zájmový druh nedostával dostatek světla a prostoru a jeho zdejší populace početně klesla. Utlumení *S. canadensis* v konkurenci s *C. epigejos* potvrzuje také Rebele (2000), který během polního experimentu zaznamenal úplné vyloučení zlatobýlu touto travinou do pěti let. Hustý porost živých i mrtvých jedinců třtiny brání klíčení a růstu zlatobýlu. Tato inhibiční strategie je pozorována hlavně na výživnějších substrátech v nerušeném prostředí. Tyto podmínky biotop B se svou vlhkostí, navezenou zeminou a utlumením sečby splnil.

Je však zajímavé, že podobný osud nepostihl jedince *S. canadensis* v rudérálně lučním **biotopu E**, kde tento druh dosahoval vůbec nejvyšší pokryvnosti (až 50 % plochy FC11). Zde naopak došlo ke kodominanci zmíněných dvou druhů. Rebele (2000) tento jev vysvětluje přítomností méně výživného substrátu, díky kterému je *Solidago* schopen odolat plošnému šíření *Calamagrostis*. Tato travina pravděpodobně nestíhá v méně úrodné půdě vytvářet tak rychle a takové množství nadzemní biomasy, aby znemožnila klonální šíření zlatobýlu. Navíc zde nedocházelo ke stínění břízami a tedy bylo tzv. dost světla pro všechny. *S. canadensis* v těchto podmínkách dosahoval výšky cca 50-60 cm.

Zlatobýl kanadský prospíval také ve výrazně rudérálních a bezlesých biotopech s řídkou vegetací. Zvláště ve dvou snímcích **biotopu A**, kde dosáhli jedinci *S. canadensis* nej hustší populace (až 34-41 ks/m²). I toto rozpětí je však stále poměrně nízké. Tichý et al. (2001) uvádí hustotu lodyh 100 ks/m² a Rajdus (2018) dokonce 377 prýtů na čtverečný metr. Tak husté populace však *Solidago* dosáhl ve výživném nivním prostředí. V případě odkaliště

a zvláště extrémně suchého a neúrodného prostředí se taková hustota nedá očekávat. Stojí za pozornost, že pokryvnost u zmíněného snímku (FC5) byla 5-25 %, což v rámci výzkumných ploch nebylo nejvíce. Vzdělání prýtlů zde dosahoval v průměru 29-76 cm a časté byly extrémy (jedinci vysocí pár cm i více než 120 cm). Před 2 lety byla odhadnutá pokryvnost *S. canadensis* v plochách biotopu A přibližně stejná, jen u FC1 byla větší než nyní. Počet jedinců býval větší, stejně tak úbytek kusů a také přírůstky byly větší. Vzdělání prýtlů však býval celkově nižší (Majewská, 2018). Zdá se, že kvantita zlatobýlí populace v tomto extrémním biotopu klesá a projevuje se spíše kvalita rostlin. Podle Du et al. (2019) se *S. canadensis* dokáže vyrovnávat se suchem díky efektivnímu rozložení biomasy a dle Wanga et al. (2016b) s tím související tepelný stres snižuje celkový růst jedinců. Vzdělání se za dvě sezóny zvýšil a je tedy možné, že rostliny se adaptovaly na nedostatek průběžných srážek a vyšší teploty, které jsou za poslední roky citelné.

Ekotonální prostředí **biotopu F** naopak druhu *S. canadensis* prospělo. Původně byla pokryvnost snímku tímto druhem jen do 1 %, hustota lodyh byla max. 9 ks/m², a ačkoli přírůstky bývaly větší, průměrná výška prýtlů byla cca jen 23 cm (Majewská, 2018). Nyní jedinci dorostli do průměrné výšky 53 cm, hustota stoupla na 14 ks/m² a pokryvnost byla odhadnuta až na 5 %. Ke konci měření bylo místy zaznamenáno předčasné a náhlé usychání rostlin *S. canadensis*. Schnutí mohlo být způsobeno zkušebním postřikem herbicidy v rámci managementu, anebo náhlým lokálním nedostatkem vody.

Vlhký a stinný ruderalně-lesní porost **biotopu C** příliš nesvědčil klonálnímu šíření tohoto druhu. Přestože právě zde dosáhl zlatobýl nejvyšší průměrné výšky prýtlů (až 78 cm), početně na tom byl jen o něco lépe než v biotopu B – napočítání byli většinou 3-4 jedinci na 1 m². Předtím zde rostlo více jedinců (7-8 ks/m²) s nižší průměrnou výškou (59 cm) (Majewská, 2018). Světlo milný *S. canadensis* se naučil, ve snaze získat dostatek sluneční energie, investovat do vertikálního růstu. To vyzoroval také Du et al. (2017). Podle tohoto autora dochází u takových rostlin také ke zvětšení listové plochy, což nebylo přímo měřeno, ale efekt byl znatelný i pouhým pozorováním.

Řídký ruderalní les **biotopu D** hostil průměrně vzrostlé (cca 45-50 cm) a málo četné populace zlatobýlů (průměrně 7-8 ks/m²). Orientační porovnání se starším výzkumem ukazuje, že v tomto prostředí bývaly populace početnější, s větší pokryvností (až 25 %),

měly větší přírůstek, ale nižší vzrůst jedinců (Majewská, 2018). Zřejmě i zde došlo k lepší adaptaci schopnějších rostlin na dané prostředí.

7.2 Generativní projevy šíření zlatobýlu kanadského

Hned z kraje je nutné poznamenat, že údaje o dešti semen nejsou příliš vypovídající – počty nažek jsou silně zkreslené, což bylo vysvětleno již v Podkapitola 6.3.3. Pro případný navazující výzkum bude vhodné upravit konstrukci semenných pastí tak, aby se v nich semínka dokázala udržet. Tím se zajistí více relevantní data.

V nejhustěji zarostlých **biotopech B a C** se *S. canadensis* nedokázal pohlavně projevit. Dva roky nazpět bylo pozorováno několik kvetoucích a plodících jedinců jen okolo prosvětlené pěšiny v biotopu C, biotop B byl také bez plodných zlatobýlů (Majewská, 2018). Nyní nebylo kvetení pozorováno nikde (ani mimo monitorovací plošky). Hlavní příčinou byla zřejmě konkurence okolních rostlin – expanze *C. epigejos*, zastínění pionýrskými dřevinami nebo příliš hustý lesní porost. Místní jedinci zlatobýlu nebyli schopni zajistit si dostatek výživy, a proto investovali jen do vegetativních orgánů (aby vůbec na stanovišti přežili). Také mohli někteří z nich být mladší než 1 rok, a tedy ještě nedospěli k pohlavní zralosti, jak zmiňuje Rosef et al. (2019).

Avšak v rámci pozorování deště semen bylo právě v biotopu C napočítáno nejvíce zlatobýlích nažek (až 18 semen/m²/měsíc). Biotop B byl zase jediný, kde se v půdní semenné bance vyskytly známky přítomnosti těchto semen – nalezena byla 1 nažka ve vzorku, v přepočtu na 1 m² svrchní vrstvy půdy to odpovídá 444 nažkám. Dölle et al. (2009) na bývalých orných polích ponechaných 22leté sukcesi napočítal téměř 2 480 těchto nažek na 1 m² (při pokryvnosti zlatobýlu 0,3 %), čehož zdaleka nebylo dosaženo. Doba sukcese i pokryvnost v celku odpovídá situaci v biotopu, tím však podobnost končí. Místní historie je jiná, stejně tak složení nadzemní vegetace i půdní podmínky. Výsledky této práce však naznačují, že vlhký, vegetací krytý a jemnozrnný substrát jako jediný umožnil přežití a setrvání zlatobýlích nažek v půdě.

V **biotopu D** *S. canadensis* moc nemusel zápolit s konkurenčními druhy, ale generativní projev se ve zdejších výzkumných ploškách také nekonal. Přesto byli v okolí pozorováni plodní jedinci. Jednalo se však o menšinu v rámci populace. Prakticky stejná

byla situace i dvě sezóny nazpět (Majewská, 2018). Déšť semen zde tvořilo jen několik nažek/m²/měsíc a v PSB nebyly objeveny žádné nažky.

Nejvýraznější bylo kvetení a plození tohoto druhu v silně ruderálním **biotopu A**. I přes extrémní podmínky zde bylo napočítáno nejvíce kvetoucích a plodících prýtlů. Ve více než polovině zdejších MP se nacházeli plodní jedinci. Kvantitativně vůbec nejplodnější byla překvapivě plocha nejbližší okraje odkaliště, kde výsledky ovlivnily rozvětvené prýty. V těchto přístupných místech se zřejmě projevila herbivorie divokou zvěří, jejíž migrace přes složiště je poměrně běžná. Podle Van Kleunena et al. (2004) mívají takto zasažení jedinci menší biomasu květenství. Ta zkoumána nebyla, ale semena ze zasažené MP byla hmotnější než nažky z nezasazené plošky vzdálené jen pár metrů. Celkově měla zmíněná FC1 spíše méně hmotná semínka (průměrná HTS = 0,03 g), zato obsahovala nejvíce plodných prýtlů a lat (v průměru 12 lat/m²) a tím pádem vyprodukovala v průměru nejvíce semen (cca 99 000 semen/m²). V místech s nejpočetnějšími a nejvyššími zlatobýly plodily všechny MP a jejich nažky byly z tohoto biotopu vůbec nejtěžší (průměrná HTS = 0,06 g), ale na 1 m² připadly v průměru jen 4 latic. V předchozím výzkumu byla na stejném místě zaznamenána jen 1 latic s lehčími semeny (HTS = 0,03 g) (Majewská, 2018). Rekord v počtu semen na 1 latic (cca 8 430) vyšel v nejnehostinnější ploše, která zároveň plodila jako první a v 2. nejvyšším počtu (minimálně 35 150 semen/m²), přestože již značná část byla odnesena větrem. Před 2 lety to bylo cca 29 650 semen/m² (Majewská, 2018). Hodnoty nejsou příliš přesné, ale zdá se, že *S. canadensis* prospívá na nehostinných ruderálních stanovištích stále více a je schopen tvořit hmotnější nažky v ještě větším počtu. Dong et al. (2006) i Tichý et al. (2001) počítají na 1 latic okolo 20 000 nažek. Tomuto číslu se přiblížila jen jedna MP v nejnehostinnější ploše (19 560), průměr se pohyboval mezi 2 150 a 8 430 semeny na latic.

Semenné pasti v tomto biotopu zely prázdnou – v otevřených prostranstvích byly zachyceny max. 4 nažky/m²/měsíc. „Prázdná“ zde zůstala i zásoba zlatobýlích nažek v PSB.

Vůbec nejtěžší semena vyprodukoval zlatobýl v ruderálně-lučním prostředí **biotopu E** (průměrná HTS = 0,07 g), avšak v rámci „plodných“ ploch zde připadly v průměru jen 2 latic/m². Nažky v semenné pasti zde nebyly zachyceny žádné a ani v půdě nebyly nalezeny.

V ekotonálním **biotopu F** také nebyly nalezeny zlatobýlí nažky uvnitř semenných pastí, ani v PSB, ale jednalo se o poměrně plodný biotop. Dvě ze tří MP vykvetly a začaly

plodit, bohužel semena kvůli předčasnému schnutí prýtů nestihla dozrát. Přesto je to posun – před 2 lety zde nekvetli prakticky žádní jedinci zlatobýlu (Majewská, 2018).

7.3 Vybrané půdní vlastnosti a jejich vztah k zájmovému druhu

Z hlediska chemického složení i zrnitosti je ve svrchní vrstvě odkalištního substrátu stále znatelný jeho původ v odpadním kalu. V půdě jako takové se obecně vyskytují prvky v posloupnosti: $O > Si > Al > Fe > C > Ca > K > Na > Mg > Ti$ (Girard, 2005), čemuž výsledky v celku odpovídají. Liší se však konec této řady, neboť složení odkalištní půdy vyšlo takto: $SiO_2 > Al_2O_3 > Fe_2O_3 > CaO > MgO > K_2O > TiO_2$. Sodík se většinou vyskytl až za P_2O_5 a SO_3 . Obsah oxidů Na, Mg, K a Ca spíše odpovídal typickému složení černouhelného popílku podle Fečka et al. (2003). Díky kalu je dnes v zájmovém území (oproti obecnému složení) často zvýšený obsah Mg, K, Al, Fe, P, S a Mn. Prvky Na a Ti jsou zase spíše nedostatkové. Ze stopových prvků se ve vyšších koncentracích objevují Zr, Sr, Rb, V, Cr, Ce, Ni, Cu, Pb a často i Zn a Ba. Také Březina (2013) a Pacner (2005) zjistili ve zdejší půdě zvýšené koncentrace Zn, Cu, Ni, Pb a navíc i Cd. Záleží však i na jejich vazbách, mobilitě a dostupnosti pro rostliny (nebylo předmětem výzkumu). Zrnitostně místní půda většinou stále připomíná jemnozrnný popílek, místy s příměsí strusky a škváry.

Substráty **biotopů A a E** obsahovaly nejvíce těchto skeletovitých částí (z 27-46 %), čímž byly velmi propustné pro vodu. Přesto právě zde *S. canadensis* prospíval vůbec nejvíce. Czortek et al. (2020) uvádí, že tento druh dokáže získávat vodu a živiny díky zvýšené produkci oddenků a kořenů, a to mu umožňuje adaptovat se na zdejší extrémně výsušné podmínky. Také Nolf et al. (2014) potvrzují lepší adaptabilitu zlatobýlu na suché podmínky. *S. canadensis* se také dokáže vyrovnat se zvýšeným Mn v půdě – nejvyšší koncentrace byly zjištěny právě zde. Tento prvek dokáže zlatobýl účinně stabilizovat (Bielecká et al., 2019a).

V **biotopu B** byl zaznamenán nejvyšší obsah P, ale ani to nedokázalo podpořit zdejší jedince zlatobýlu, ačkoli podle Wana et al. (2018b) mívá *S. canadensis* po fosforu vysokou poptávku. Pro jeho příjem je však důležitý poměr k N (Wan et al., 2018a). Obsah dusíku v půdě ale zjišťován nebyl. Růst nepodpořily ani zdejší nejvyšší koncentrace Ca – podle Szymury et al. (2013) se porosty zlatobýlu vyskytují spíše na půdách s nižším obsahem Ca.

Zajímavé jsou výsledky stinného a vlhkého **biotopu C**, který měl 100% jemnozrnnou půdu a častý výskyt maxim u rizikových prvků. Jemné frakce v půdě usnadňují vázání

toxických kovů, ale přesto *S. canadensis* dokáže na kontaminovaných substrátech prosperovat, jak uvádí Czortek et al. (2020). Dle jejich závěrů však může tento druh spotřebovávat velké množství energie na vyrovnání se s kontaminací, díky čemuž pak nedokáže tvořit dostatek biomasy pro zvládání konkurence. Tento fakt mohl dopomoci nízké početnosti zlatobýlu v tomto biotopu. Na druhou stranu zdejší vysoký obsah olova může zvyšovat účinnost soužití zlatobýlu s mykorhizálními mikroorganismy (Immel et al., 2012), které mu pomáhají získávat půdní dusík, jehož bývá v popelu velmi málo (Votruba, 1984). Tento jev mohl dopomoci vysokému vzrůstu přeživších jedinců.

S nepříznivými půdními podmínkami se však zlatobýl kanadský musel potýkat ve všech biotopech. Jemnozemi, dominantní prakticky ve všech plochách, tvořil výsušný popílek a úlet, který nedokáže pohlcovat vodu jako např. jíl v klasických půdách. Skelet byl zase velmi ostrohranný, což přispělo velmi nízké zásobě semen v PSB. Votruba (1984) navíc zmiňuje nízký obsah organických látek v popelu, a ty jsou pro rozvoj *S. canadensis* důležité.

7.4 Odkalištní společenstva, jejich diverzita, vztah k PSB a vývoj

V roce 2018 byla odkalištní vegetace inventarizována jako stabilní společenstva, a to do třech svazů (Majewská, 2018). Toto zařazení však nebylo příliš vypovídající, protože místní vegetace je příliš mladá, vznikla po disturbancech a podléhá dynamickým změnám sukcesního vývoje. Mnohem příhodnější je zařazovat takovou vegetaci do společenstev odvozených nebo, na základě současné struktury a složení druhů, určit vývojový směr fytoceenóz. Je nutné připomenout, že i tak se jedná o nepřesnou inventarizaci, neboť odkalištní prostředí je velmi specifické, přirozená sukcese zde byla a stále je částečně ovlivňována člověkem, a to způsobuje netradiční skladbu a vývoj zdejších společenstev.

Většina zkoumané vegetace odkaliště byla původně zařazena do svazu *Dauco carotae-Melilotion* Görs ex Rostański et Gutte 1971 (Majewská, 2018). Svaz na odkališti určil mj. také Ladányi (2008) a s přesahem některých druhů i Sojneková (2011). Nyní byly tytéž výzkumné plochy definovány jako **os. *Solidago canadensis*-[*Convolvulo-Chenopodiae/Arrhenatheretalia*]**. Tato nelesní odvozená společenstva na výsušných a slunných stanovištích jsou jakýmsi mixem tvořeným z výrazného *S. canadensis* v řídké ruderalní vegetaci smíchané částečně s mezofilními lučně-pastevními porosty. Kromě zájmového druhu bývá dominantní také *Calamagrostis epigejos*. Počet druhů se pohybuje mezi 17 a 33, přičemž maximum již náleží ekotonu. I podle indexů alfa diverzity se jedná o

společenstva spíše chudší (S-W index max. 3,16) a méně vyrovnaná. Ve velmi chudé PSB vedla okrajová *B. pendula*. Zbytek semen patřil nedominantním kvetoucím bylinám. Často se v daném snímku vyskytla semena druhů, které nad zemí vůbec nerostly. Z velké části to způsobily abiotické podmínky, ale určitě tomu přispěl i dynamický vývoj ve společenstvech.

Do budoucna může zdejší častá kodominance *S. canadensis* a *C. epigejos* způsobovat dlouhodobou blokaci sukcese, která může trvat i několik desítek let. Další možností je nástup pionýrského lesa (Višňák, 1996). První možnost se již projevila v biotopu E, který pokrývá v drtivé většině jen zlatobýl a třtina, přestože v PSB tyto druhy nebyly nalezeny. Pionýrský les lze předpokládat v biotopu A, který sousedí s biotopem D pokrývajícím řídký březový porost – ten dotuje okolní půdní semenné banky. Je dost možné, že časem by se polovina ploch s tímto odvozeným společenstvem vyhrnila v „zlatobýlo-třtinovou“ vegetaci a zbytek v raně lesní společenstva s dominantní *B. pendula*. Nasvědčuje tomu také fakt, že počet druhů v těchto společenstvech od roku 2018 (Majewská, 2018) většinou o několik jednotek stoupl, ale indexy vyjadřující druhovou diverzitu a vyrovnanost naopak spíše klesly.

Svaz *Molinion caeruleae* Koch 1926 (Majewská, 2018) byl nově určen jako **Raná sukcesní společenstva s vůdčím druhem *Betula pendula***. Tato společenstva pokrývají asi polovinu zájmového území (biotop B, většinu D a část biotopu C), vyskytují se v místech s větší vlhkostí a mají více nadzemní biomasy než první typ. To se odrazilo i na větším počtu druhů (27-44) a o trochu silnější diverzitě. Vyrovnanost druhů (max. 0,68) však byla většinou ještě menší než v první skupině. Předchozí výzkum (Majewská, 2018) měl v rámci této vegetace jen jednu výzkumnou plochu (v biotopu B), která vykazovala větší počet druhů, diverzitu i ekvitabilitu než je tomu nyní. Půdní semenná banka koresponduje s nadzemní vegetací v častém zastoupení semen bříz, je však bohatší o byliny, které se nad zemí vyskytují jen okrajově (*Medicago lupulina*) nebo vůbec (*Urtica dioica*).

S přihlédnutím k PSB i osobnímu pozorování je možné, že sukcese je i v tomto případě blokována expanzí *C. epigejos*, přestože *B. pendula* mu v bylinném patře zdatně konkuruje. Zmíněná travina by v budoucnu mohla stále doprovázet porost vzrostlých bříz, a ty by časem mohl vystřídat smíšený lesní porost s dlouhověkými dřevinami, které rostou v okolí složiště.

Původní svaz *Salicion cinereae* Müller et Görs ex Passarge 1961 (Majewská, 2018) byl zpřesněn na **Společenstvo směřující k *Salicion albae* de Soó 1951**. Je typické častým výskytem vrb, olší a svídy s poměrně pestrým bylinným patrem. Diverzitu odráží i jeden

z nejvyšších počtů druhů v zájmovém území (43) – v půdě se to však na zásobě semen neprojevovalo, protože zde nebyla determinována žádná životaschopná semena. Nadzemní vegetace je však docela druhově nevyrovnaná, což celkovou biodiverzitu poněkud snižuje.

Toto společenstvo bude pravděpodobně dále podporováno dostatečnou zásobou vody, díky čemuž se bude moci vyvíjet směrem ke klimaxovým vrbotopolovým luhům. Ovšem specifické druhové složení bude zřejmě stále patrné, a to nejen kvůli neobvyklé historii prostředí, ale také kvůli kolísání hladiny přilehlého „rybníka“ dotovaného pouze srážkovou vodou. Přizpůsobování zdejší vegetace víceletým výkyvům naznačuje také pokles počtu druhů i hodnot indexů alfa diverzity – před dvěma lety byly vyšší (Majewská, 2018). Větší změna ve vývoji by mohla nastat při dlouhodobém snižování hladiny oné vodní plochy.

Vývoj vegetace v zájmovém území závisí také na **managementu**. Konkrétní zásahy byly zpozorovány záhy po ukončení monitoringu. Na odkališti došlo na konci roku 2019 k vytěžení velké části biomasy s porostem bříz (cca polovina biotopu D se zásahem do A), přičemž byly zcela srovnány se zemí plochy FC5, FC8 a FC10 (dřevo bylo zřejmě použito na zvelebení stezky lemující složiště); k tomu porost v biotopu B byl po několika letech téměř celý posečen (viz Obrázek 42). Na mnoha místech tedy byla sukcese přerušena a další vývoj je nejasný. V biotopu B by se mohly znovu uplatnit potlačené kvetoucí byliny, mezi něž patřil např. i silně ohrožený krušík bahenní (*Epipactis palustris*) (Majewská, 2018). Biotop D a částečně A zřejmě osídlí porosty třtiny, zlatobýlu a dalších rychle rostoucích bylin spolu s nálety dřevin.



Obrázek 42: Zasažené biotopy D a B po ukončení výzkumu – jaro 2020 (Majewská, 2020)

8 ZÁVĚR

Prostředí odkaliště nesporně poskytlo příležitosti pro život a šíření zlatobýlu kanadského. Specifický půdní substrát a probíhající sukcese umožnily na složišti vznik současných 3 skupin fytocenóz, které pokrývají několik různorodých biotopů. V každém z nich ukázal *S. canadensis* míru svých existenčních a reprodukčních schopností.

Dle očekávání využil zlatobýl kanadský svůj potenciál ve výrazně ruderalních společenstvech. Ta stále pokrývají většinu území složiště a díky malému zastínění a poměrně nízké konkurenci dovolují *S. canadensis* šířit se. I přes stres z nedostatku vláhy, teplotních výkyvů, nepříznivé půdní struktury, výrazné kontaminace a z postupující expanze *C. epigejos* se zde tento druh dokázal poměrně úspěšně množit – vegetativně i generativně, ačkoli v půdě zlatobýlí nažky nebyly nalezeny. Projevila se také adaptace zlatobýlů na místní podmínky „zkvalitněním“ přeživších jedinců, kteří postupně dosahují vyššího vzrůstu a většího počtu plodících lat s hmotnějšími semeny. V tomto kontextu lze *S. canadensis* zařadit mezi S-R strategii. Pro silně ruderalní a nehostinné biotopy (s porostem pionýrských dřevin nebo i bez nich) znamená přítomnost zlatobýlu kanadského významný přínos, neboť zlepšuje přízemní mikroklima, láká bohatými latami hmyz, stabilizuje půdní kontaminanty, svou odumřelou biomasou vnáší do chudého substrátu živiny a celkově pomáhá rozvoji života v místech, kde to např. původní druhy nedokážou. Je však pravdou, že v kombinaci s *C. epigejos* na stanovištích s dostatkem světla a výživnější, vlhčí půdou zlatobýl přispívá k potlačení rozvoje pestrých a okolní krajiny bližších společenstev.

V případě rozvoje vegetace směrem k lesním společenstvům však *S. canadensis* nedokáže úspěšně projevit svůj reprodukční potenciál. Zastínění a hustší porost konkurenčních druhů zhoršuje uchycení a vitalitu jedinců zlatobýlu, a ti raději investují do vlastního přežití než do prostorového šíření – ať už semeny, či klony. Půdní kontaminace je v tomto případě další přítěží a situaci zřejmě nedokáže vyrovnat ani vyšší obsah P a některých dalších živin v půdě, ani zlatobýlí nažky v PSB a ani schopnost alelopatie.

Přestože zlatobýl kanadský patří v ČR k invazním druhům, na antropogenních plochách, jako je odkaliště, má v procesu sukcese svůj význam a zdá se, že neohrožuje ruderalně-lesní společenstva, která v zájmovém území již stihla vzniknout. Další sledování vývoje zdejší vegetace, a hlubší studium *S. canadensis* na třineckém odkališti by mohlo přispět k porozumění procesu šíření a celkovému potenciálu tohoto působivého druhu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BIELECKA, A. a E. KRÓLAK. *Solidago canadensis* as a bioaccumulator and phytoremediator of Pb and Zn. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 2019b, **26**(36), 36942-36951 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1007/s11356-019-06690-x. ISSN 0944-1344. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-019-06690-x>
2. BIELECKA, A. a E. KRÓLAK. The accumulation of Mn and Cu in the morphological parts of *Solidago canadensis* under different soil conditions. *PeerJ* [online]. 2019a, **7** [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.7717/peerj.8175. ISSN 2167-8359. Dostupné z: <https://peerj.com/articles/8175>
3. BIELECKA, A., E. KRÓLAK a E. BIARDZKA. Habitat Conditions of Canadian Goldenrod in a Selected Region of Eastern Poland. *Journal of Ecological Engineering* [online]. 2017, **18**(4), 76-81 [cit. 2020-02-06]. DOI: 10.12911/22998993/74284. ISSN 2299-8993. Dostupné z: <http://www.journalssystem.com/jeeng/HABITAT-CONDITIONS-OF-CANADIAN-GOLDENROD-IN-A-SELECTED-REGION-OF-EASTERN-POLAND,74284,0,2.html>
4. BOBKOVÁ, M. *Antropogenní tvary reliéfu na území města Třinec*. Olomouc, 2010, 28-29. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
5. BŘEZINA, R. *Studium kumulace vybraných těžkých kovů ve stopkovýtrusných houbách*. Olomouc, 2013, 23-39. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
6. CZORTEK, P., E. KRÓLAK, L. BORKOWSKA a A. BIELECKA. Impacts of soil properties and functional diversity on the performance of invasive plant species *Solidago canadensis* L. on post-agricultural wastelands. *Science of The Total Environment* [online]. 2020, **729** [cit. 2020-05-17]. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139077. ISSN 00489697. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720325948>
7. DEMEK, J. a P. MACKOVČIN, ed. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006, 582. ISBN 80-86064-99-9.
8. DIVÍŠEK, J. a M. CULEK. *Biogeografie* [online]. 2. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2013 [cit. 2020-04-10]. ISBN 978-80-210-6801-8. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps13/biogeogr_2/web/pages/index_book.html
9. DOBEŠ, J. *Možnosti využití kotelní strusky z vysokoteplotního spalování uhlí*. Brno, 2013, 17. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
10. DÖLLE, M. a W. SCHMIDT. The relationship between soil seed bank, above-ground vegetation and disturbance intensity on old-field successional permanent plots. *Applied Vegetation Science* [online]. 2009, **12**(4), 415-428 [cit. 2020-02-24]. DOI: 10.1111/j.1654-109X.2009.01036.x. ISSN 14022001. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1654-109X.2009.01036.x>
11. DONG, M., B. LU, H. ZHANG, J. CHEN a B. LI. Role of sexual reproduction in the spread of an invasive clonal plant *Solidago canadensis* revealed using intersimple sequence repeat markers. *Plant Species Biology* [online]. 2006, **21**(1), 13-18 [cit. 2020-05-10]. DOI: 10.1111/j.1442-1984.2006.00146.x. ISSN 0913-557X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1442-1984.2006.00146.x>

12. DU, L., H. LIU, M. YAN, J. LI, J. LI a M. LI. Individual Plasticity of the Shade Response of the Invasive *Solidago canadensis* in China. *PLOS ONE* [online]. 2017, **12**(1) [cit. 2020-02-11]. DOI: 10.1371/journal.pone.0170049. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0170049>
13. DU, L., H. LIU, W. GUAN, J. LI a J. LI. Drought affects the coordination of belowground and aboveground resource-related traits in *Solidago canadensis* in China. *Ecology and Evolution* [online]. 2019, **9**(17), 9948-9960 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1002/ece3.5536. ISSN 2045-7758. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ece3.5536>
14. DUDEK, K., M. MICHLEWICZ, M. DUDEK a P. TRYJANOWSKI. Invasive Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.) as a preferred foraging habitat for spiders. *Arthropod-Plant Interactions* [online]. 2016, **10**(5), 377-381 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1007/s11829-016-9455-7. ISSN 1872-8855. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11829-016-9455-7>
15. DZIVÁ, D. Územně analytické podklady pro správní území obce s rozšířenou působností Třinec: Rozbor udržitelného rozvoje území. Třinec, 2016, 15-16.
16. FEČKO, P., M. KUŠNIEROVÁ, B. LYČKOVÁ, V. ČABLÍK, A. FARKAŠOVÁ. *Popílky*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2003, 26. ISBN 80-248-0327-5.
17. FENESI, A., C. I. VÁGÁSI, M. BELDEAN, R. FÖLDESI, L. KOLCSÁR, J. T. SHAPIRO, E. TÖRÖK a A. KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI. *Solidago canadensis* impacts on native plant and pollinator communities in different-aged old fields. *Basic and Applied Ecology* [online]. 2015, **16**(4), 335-346 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1016/j.baae.2015.03.003. ISSN 14391791. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1439179115000420>
18. *Geoportal: Národní geoportál INSPIRE* [online]. CENIA [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
19. GIRARD, J. E. *Principles of Environmental Chemistry*. London: Jones and Bartlett Publishers, 2005, 48-49. ISBN 0-7637-2471-8.
20. CHYTRÝ, M. a P. PYŠEK. Kam se šíří zavlečené rostliny?: Invadovanost a invazibilita rostlinných společenstev. *Živa*. 2009b, (2), 60-63.
21. CHYTRÝ, M. a P. PYŠEK. Kam se šíří zavlečené rostliny?: Rozdíly v invadovanosti velkých území. *Živa*. 2009a, (1), 11-14.
22. CHYTRÝ, M. a kol. *Katalog biotopů České republiky: Habitat catalogue of the Czech Republic*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2010, 278. ISBN 978-80-87457-03-0.
23. IMMEL, F., J. RENAUT a J. MASFARAUD. Physiological response and differential leaf proteome pattern in the European invasive Asteraceae *Solidago canadensis* colonizing a former cokery soil. *Journal of Proteomics* [online]. 2012, **75**(4), 1129-1143 [cit. 2020-03-15]. DOI: 10.1016/j.jprot.2011.10.026. ISSN 18743919. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874391911005355>
24. JEHLÍK, V. *Cizí expanzivní plevely České republiky a Slovenské republiky*. Praha: Academia, 1998, 98. ISBN 80-200-0656-7.

25. KABUCE, N. a N. PRIEDE. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet: *Solidago canadensis*. *Online Database of the European Network on Invasive Alien Species* [online]. NOBANIS, 2010, 4 [cit. 2020-02-07]. Dostupné z: <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/s/solidago-canadensis/solidago-canadensis.pdf>
26. LACKOVÁ, E. *Návrh rekultivačního managementu teras úložiště popílku Lištná v k. ú. Třinec*. Brno, 2009, 25. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
27. LADÁNYI, V. *Floristicko-fytocenologický průzkum ruderalní vegetace antropogenně vytvořeného území (odkaliště) v Třinci-Dolní Lištné* [online]. Český Těšín, 2008, 7-30 [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: https://is.muni.cz/publication/1423263/odkaliste_ET_TR_2008.pdf?lang=en. Středoškolská odborná činnost. Střední škola zemědělská, Český Těšín, p. o.
28. LADÁNYI, V. Třinecké odkaliště jako refugium zajímavých druhů. *Živa*. 2009, (6), 255-256.
29. LIPSKÝ, Z. a T. MATĚJČEK. Rostlinné invaze v naší krajině. *Geografické rozhledy*. 2004, **13**(4), 108–109.
30. MAJEWSKÁ, L. *Ekologická analýza druhu Solidago canadensis v podmínkách strusko-popílkového odkaliště*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
31. MARŠÁLKOVÁ, E. a J. MALÁ. Vliv solidifikace na vyluhovatelnost těžkých kovů z popílků a ekotoxicitu výluhu. *Chemické listy* [online]. Brno: BÚ AV ČR, v.v.i, CCT, 2009, (103), 595-598 [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: http://www.w.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_07_595-598.pdf
32. MIŽÍK, P. *Solidago canadensis* L.: zlatobýl kanadský / zlatobyl' kanadská. *BOTANY.cz* [online]. Wordpress, 2008 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/solidago-canadensis/>
33. MLÍKOVSKÝ, J. a P. STÝBLO, ed. *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Praha: ČSOP, 2006, 12-462. ISBN 80-86770-17-6.
34. MORAN, E. V., A. REID, J. M. LEVINE a T. CHIANG. Population genetics and adaptation to climate along elevation gradients in invasive *Solidago canadensis*. *PLOS ONE* [online]. 2017, **12**(9), e0185539- [cit. 2020-02-02]. DOI: 10.1371/journal.pone.0185539. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0185539>
35. NĚMEČEK, J. a kol. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 2. vyd. Praha, 2008, 66-75.
36. NEUHÄUSLOVÁ, Z. *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky: textová část*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1998, 341. ISBN 80-200-0687-7.
37. NOLF, M., K. PAGITZ a S. MAYR. Physiological acclimation to drought stress in *Solidago canadensis*. *Physiologia Plantarum* [online]. 2014, **150**(4), 529-539 [cit. 2020-03-01]. DOI: 10.1111/ppl.12100. ISSN 00319317. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ppl.12100>

38. PACNER, M. Vybrané těžké kovy v plodnicích stopkovýtrusých hub v Krkonoších a okolí Trince. *Opera Corcontica*. 2005, (42), 91-97.
39. PODSTAWKOVÁ, D. Zajímavé invazní druhy na Těšínsku: Zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*). *Těšínsko*. 2016, **59**(2), 89-91. ISSN 0139-7605.
40. POLÍVKA, F. *Názorná květena zemí koruny české obsahující též čelnější rostliny cizozemské, pěstované u nás pro užitek a okrasu* 3. Olomouc, 1904, 544.
41. *Pracovní postup a princip stanovení prvků WD XRF spektrometrií: Rentgenfluorescenční spektrometr S8 TIGER firmy Bruker*. Ostrava, 2019.
42. PYŠEK, P. a J. SÁDLO. Zavlečené rostliny: Sklízíme, co jsme zaseli?. *Vesmír*. 2004, **83**(1), 35-40.
43. PYŠEK, P., J. DANIHELKA, J. SÁDLO, et al. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia*. 2012a, **84**, 155–255.
44. PYŠEK, P., M. CHYTRÝ, J. PERGL, J. SÁDLO a J. WILD. Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. *Preslia*. 2012b, **84**(3), 626-628. ISSN 0032-7786.
45. RAJDUS, T. *Vliv managementu na invazní potenciál zlatobýlu kanadského (Solidago canadensis) v CHKO Poodří*. Ostrava, 2018. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
46. REBELE, F. Competition and coexistence of rhizomatous perennial plants along a nutrient gradient. *Plant Ecology* [online]. 2000, **147**(1), 77-94 [cit. 2020-05-04]. DOI: 10.1023/A:1009808810378. ISSN 13850237. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1023/A:1009808810378>
47. ROSEF, L., H. H. INGEBRIGTSEN, E. HEEGAARD a G. FRIED. Vegetative propagation of *Solidago canadensis* – do fragment size and burial depth matter? *Weed Research* [online]. 2019 [cit. 2020-02-05]. DOI: 10.1111/wre.12395. ISSN 0043-1737. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/wre.12395>
48. SLAVÍK, B. a J. ŠTĚPÁNKOVÁ, ed. *Květena České republiky* 7, 114–123. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1161-7.
49. SOJNEKOVÁ, M. *Fytocenózy odkališť Energetiky Třinec, a.s. a jejich význam v industriální krajině*. Ostrava, 2011, 37. Bakalářská práce. VŠB–TUO.
50. *Solidago canadensis* – zlatobýl kanadský. *PLADIAS* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2020 [cit. 2020-02-05]. Dostupné z: <https://pladias.cz/taxon/overview/Solidago%20canadensis>
51. *Solidago virgaurea*: zlatobýl obecný. *Herbář Wendys* [online]. 2015 [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: <https://botanika.wendys.cz/index.php/277-solidago-virgaurea-zlatobyl-obecný>
52. SUN, Z. a W. HE. Invasive *Solidago canadensis* versus its new and old neighbors: Their competitive tolerance depends on soil microbial guilds. *Flora* [online]. 2018, **248**, 43-47 [cit. 2020-03-12]. DOI: 10.1016/j.flora.2018.08.015. ISSN 03672530. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0367253018304225>

53. SZYMURA, M. a T. H. SZYMURA. Soil preferences and morphological diversity of goldenrods (*Solidago* L.) from south-western Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* [online]. 2013, **82**(2), 107-115 [cit. 2020-02-07]. DOI: 10.5586/asbp.2013.005. ISSN 2083-9480. Dostupné z: <https://pbsociety.org.pl/journals/index.php/asbp/article/view/asbp.2013.005>
54. ŠUTOVSKÁ, M., P. CAPEK, M. KOČMÁLOVÁ, S. FRAŇOVÁ, I. PAWLACZYK a R. GANCARZ. Characterization and biological activity of *Solidago canadensis* complex. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 2013, **52**, 192-197 [cit. 2020-02-07]. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2012.09.021. ISSN 01418130. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813012003753>
55. TICHÝ, L. a P. PYŠEK, ed. *Rostlinné invaze*. Brno: Rezekvítek, 2001. ISBN 80-902954-4-4.
56. TOLASZ, R. a kol. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007, 24-190. ISBN 978-80-86690-26-1.
57. VAN KLEUNEN, M., G. RAMPONI a B. SCHMID. Effects of herbivory simulated by clipping and jasmonic acid on *Solidago canadensis*. *Basic and Applied Ecology* [online]. 2004, **5**(2), 173-181 [cit. 2020-02-06]. DOI: 10.1078/1439-1791-00225. ISSN 14391791. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S143917910470170X>
58. VIŠŇÁK, R. Synantropní vegetace na území města Ostravy: 2. část. *Preslia*. Praha, 1996, **68**, 59-94.
59. VOTRUBA, L. *Odkaliště*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1984, 5-24.
60. Výskyt druhu *Solidago canadensis* podle záznamů v ND OP. In: *Portál informačního systému ochrany přírody* [online]. Praha: AOPK ČR, 2020 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: https://portal.nature.cz/nd-dev/nd_atlas_mapa_q_nova.php?idTaxon=39815
61. WAN, L., S. QI, Ch. B. ZOU, Z. DAI, B. ZHU, Y. SONG a D. DU. Phosphorus addition reduces the competitive ability of the invasive weed *Solidago canadensis* under high nitrogen conditions. *Flora* [online]. 2018a, **240**, 68-75 [cit. 2020-02-08]. DOI: 10.1016/j.flora.2017.12.012. ISSN 03672530. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0367253018300021>
62. WAN, L., S. QI, Z. DAI, Ch. B. ZOU, Y. SONG, Z. HU, B. ZHU a D. DU. Growth responses of Canada goldenrod (*Solidago canadensis* L.) to increased nitrogen supply correlate with bioavailability of insoluble phosphorus source. *Ecological Research* [online]. 2018b, **33**(1), 261-269 [cit. 2020-02-03]. DOI: 10.1007/s11284-017-1552-2. ISSN 0912-3814. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11284-017-1552-2>
63. WANG, C., H. XIAO, L. ZHAO, J. LIU, L. WANG, F. ZHANG, Y. SHI a D. DU. The allelopathic effects of invasive plant *Solidago canadensis* on seed germination and growth of *Lactuca sativa* enhanced by different types of acid deposition. *Ecotoxicology* [online]. 2016a, **25**(3), 555-562 [cit. 2020-01-18]. DOI: 10.1007/s10646-016-1614-1. ISSN 0963-9292. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10646-016-1614-1>
64. WANG, C., K. JIANG, J. LIU, J. ZHOU a B. WU. Moderate and heavy *Solidago canadensis* L. invasion are associated with decreased taxonomic diversity but increased functional diversity of plant communities in East China. *Ecological*

- Engineering* [online]. 2018a, **112**, 55-64 [cit. 2020-01-30]. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.12.025. ISSN 09258574. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857417306584>
65. WANG, C., K. JIANG, J. ZHOU a B. WU. *Solidago canadensis* invasion affects soil N-fixing bacterial communities in heterogeneous landscapes in urban ecosystems in East China. *Science of The Total Environment* [online]. 2018b, **631-632**, 702-713 [cit. 2020-02-01]. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.061. ISSN 00489697. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718308155>
66. WANG, D., S. A. HECKATHORN, K. MAINALI a R. TRIPATHEE. Timing Effects of Heat-Stress on Plant Ecophysiological Characteristics and Growth. *Frontiers in Plant Science* [online]. 2016b, **7** [cit. 2020-02-06]. DOI: 10.3389/fpls.2016.01629. ISSN 1664-462X. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2016.01629/full>
67. WOJNAROVÁ, P. *Hodnocení pedologických charakteristik teras úložiště popílku*. Ostrava, 2017, 13-31. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
68. YANG, R., G. YU, J. TANG a X. CHEN. Effects of metal lead on growth and mycorrhizae of an invasive plant species (*Solidago canadensis* L.). *Journal of Environmental Sciences* [online]. 2008, **20**(6), 739-744 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1016/S1001-0742(08)62121-X. ISSN 10010742. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S100107420862121X>
69. YUAN, Y., B. WANG, S. ZHANG, J. TANG, C. TU, S. HU, J. W. H. YONG a X. CHEN. Enhanced allelopathy and competitive ability of invasive plant *Solidago canadensis* in its introduced range. *Journal of Plant Ecology* [online]. 2013, **6**(3), 253-263 [cit. 2020-02-07]. DOI: 10.1093/jpe/rts033. ISSN 1752-993X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jpe/article-lookup/doi/10.1093/jpe/rts033>
70. Zařazení v systému: druh zlatobýl kanadský. *BioLib.cz* [online]. BioLib, © 1999-2019 [cit. 2019-12-12]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonposition/id41389/>
71. ZHANG, Ch. B., J. WANG, B. Y. QIAN a W. H. LI. Effects of the invader *Solidago canadensis* on soil properties. *Applied Soil Ecology* [online]. 2009, **43**(2-3), 163-169 [cit. 2020-02-08]. DOI: 10.1016/j.apsoil.2009.07.001. ISSN 09291393. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929139309001383>
72. ZHANG, J., F. BI, Q. WANG, et al. Characteristics and influencing factors of cadmium biosorption by the stem powder of the invasive plant species *Solidago canadensis*. *Ecological Engineering* [online]. 2017, 1-7 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.10.001. ISSN 09258574. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857417305591>
73. ZHANG, S., W. ZHU, B. WANG, J. TANG a X. CHEN. Secondary metabolites from the invasive *Solidago canadensis* L. accumulation in soil and contribution to inhibition of soil pathogen *Pythium ultimum*. *Applied Soil Ecology* [online]. 2011, **48**(3), 280-286 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1016/j.apsoil.2011.04.011. ISSN 09291393. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929139311000849>
74. Zlatobýl kanadský: *Solidago canadensis*. *Květena ČR* [online]. © 2003-2018 [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=246

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
c	konstantní druhy
dg	diagnostické druhy
dm	dominantní druhy
E	ekvitabilita
FC	fytoocenologický snímek
HTS	hmotnost tisíce semen
MP	monitorovací ploška
PSB	půdní semenná banka
S-W	Shannon-Wienerův index
WD XRF	vlnově disperzní rentgenová fluorescenční spektrometrie

SEZNAM UVEDENÝCH ROSTLINNÝCH TAXONŮ

<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	<i>Odontites vernus</i> (Bellardi) Dumort.
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	<i>Oenothera glazioviana</i> Micheli
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	<i>Oenothera</i> sp.
<i>Betula pendula</i> Roth	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.
<i>Brachythecium</i> spp.	<i>Poa nemoralis</i> L.
<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	<i>Populus tremula</i> L.
<i>Carpinus betulus</i> L.	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	<i>Quercus robur</i> L.
<i>Cornus</i> sp.	<i>Salix caprea</i> L.
<i>Daucus carota</i> L.	<i>Salix x rubens</i> Schrank
<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	<i>Solidago altissima</i> L.
<i>Equisetum variegatum</i> Schleich. ex F. Weber & D. Mohr.	<i>Solidago canadensis</i> L.
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	<i>Solidago gigantea</i> Aiton
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	<i>Solidago graminifolia</i> (L.) Salisb.
<i>Hypericum perforatum</i> L.	<i>Solidago virgaurea</i> L.
<i>Lactuca sativa</i> L.	<i>Tilia cordata</i> Mill.
<i>Lathyrus sylvestris</i> L.	<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC.
<i>Medicago lupulina</i> L.	<i>Urtica dioica</i> L.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mapa zájmové lokality (Mapy.cz, 2020 – upraveno autorem)	2
Obrázek 2: Pohled na odkaliště z příjezdové cesty a okrajová hráz složiště (Majewská, 2020)	5
Obrázek 3: Velká vodní plocha a tůň odkaliště (Majewská, 2020)	7
Obrázek 4: Kvetoucí lata a květy zlatobýlu kanadského (Majewská, 2019)	15
Obrázek 5: Plodící lata zlatobýlu kanadského a její uvolněné nažky (Majewská, 2019)....	16
Obrázek 6: Podzemní orgány zlatobýlu kanadského (CLO-PLA: a database of clonal and bud bank traits of Central European flora, © 2005)	16
Obrázek 7: Biotopy v zájmovém území odkaliště (Mapy.cz, 2020 – upraveno autorem) ..	29
Obrázek 8: Rozmístění studijních ploch FC (Mapy.cz, 2020 – upraveno autorem)	30
Obrázek 9: Situace a půda na ploše FC1 (Majewská, 2019)	31
Obrázek 10: MP1.1 až MP1.3 (Majewská, 2019).....	32
Obrázek 11: Situace a půda na ploše FC2 (Majewská, 2019)	32
Obrázek 12: MP2.1 až MP2.3 (Majewská, 2019).....	33
Obrázek 13: Situace a půda na ploše FC3 (Majewská, 2019)	33
Obrázek 14: MP3.1 až MP3.3 (Majewská, 2019).....	34
Obrázek 15: Situace a půda na ploše FC4 (Majewská, 2019)	34
Obrázek 16: MP4.1 až MP4.3 (Majewská, 2019).....	35
Obrázek 17: Situace a půda na ploše FC5 (Majewská, 2019)	35
Obrázek 18: MP5.1 až MP5.3 (Majewská, 2019).....	36
Obrázek 19: Situace a půda na ploše FC6 (Majewská, 2019)	36
Obrázek 20: MP6.1 až MP6.3 (Majewská, 2019).....	37
Obrázek 21: Situace a půda na ploše FC7 (Majewská, 2019)	37
Obrázek 22: MP7.1 až MP7.3 (Majewská, 2019).....	38
Obrázek 23: Situace a půda na ploše FC8 (Majewská, 2019)	38
Obrázek 24: MP8.1 až MP8.3 (Majewská, 2019).....	39
Obrázek 25: Situace a půda na ploše FC9 (Majewská, 2019)	39
Obrázek 26: MP9.1 až MP9.3 (Majewská, 2019).....	40
Obrázek 27: Situace a půda na ploše FC10 (Majewská, 2019)	40
Obrázek 28: MP10.1 až MP10.3 (Majewská, 2019).....	41
Obrázek 29: Situace a půda na ploše FC11 (Majewská, 2019)	41

Obrázek 30: MP11.1 až MP11.3 (Majewská, 2019).....	42
Obrázek 31: Situace a půda na ploše FC12 (Majewská, 2019)	42
Obrázek 32: MP12.1 až MP12.3 (Majewská, 2019).....	43
Obrázek 33: Instalace semenných pastí (Majewská, 2019)	44
Obrázek 34: Odběr směsného vzorku půdy a Kopeckého váleček (Majewská, 2019).....	45
Obrázek 35: Prosévání a sušení vzorků půdy pro PSB (Majewská, 2019).....	46
Obrázek 36: Extrakce a determinace semen z PSB a semena <i>S. canadensis</i> (Majewská, 2020)	47
Obrázek 37: Sto semen v Petriho misce, jejich vážení a semena z celé MP v kádince (Majewská, 2020)	48
Obrázek 38: Kvartace, mletí a homogenizace vzorku půdy (Majewská, 2019)	49
Obrázek 39: Proces tvorby peletek (Majewská, 2019)	49
Obrázek 40: Analyzování peletek ve spektrometru (Majewská, 2019).....	50
Obrázek 41: Prosévání půdy a rozmáčení jílovitých vzorků (Majewská, 2020)	50
Obrázek 42: Zasažené biotopy D a B po ukončení výzkumu – jaro 2020 (Majewská, 2020)	72

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Vývoj průměrné výšky prýtlů.....	57
Graf 2: Srovnání vzrůstu druhu ve všech MP v 9. měsíci	57
Graf 3: Vývoj průměrného počtu prýtlů	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vybrané charakteristiky klimatu v zájmové oblasti (Tolasz et al., 2007)	5
Tabulka 2: Stručná charakteristika biotopů v zájmovém území odkaliště na základě terénního odhadu.....	30
Tabulka 3: Překódování Braun-Blanquetovy stupnice	51
Tabulka 4: Hierarchie výzkumných ploch a plošek.....	53
Tabulka 5: Zařazení ploch FC do společenstev a vyjádření alfa diverzity	53
Tabulka 6: Pokryvnost zlatobýlu kanadského v plochách FC [%]	56
Tabulka 7: Vývoj průměrného vzrůstu prýtlů a přírůstek výšky	57

Tabulka 8: Vývoj průměrného počtu jedinců a jejich úbytek.....	58
Tabulka 9: Počty kvetoucích a plodících jedinců	59
Tabulka 10: Hmotnost a počet semen a počet lat v jednotlivých MP a jejich průměrné hodnoty	60
Tabulka 11: Počet zachycených semen zlatobýlu.....	61
Tabulka 12: Počty semen v půdní semenné bance	62
Tabulka 13: Obecný chemismus půdy v plochách FC	63
Tabulka 14: Zastoupení skeletu a jemnozeme ve vzorcích půdy	64

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Území odkaliště v r. 1958, 2000 a 2019.....	1
Příloha 2: Přesná lokace studijních ploch FC v terénu	2
Příloha 3: Pohledy na jednotlivé MP shora a z profilu v 7. a 10. měsíci.....	3
Příloha 4: Zápis výšek, počtu prýtů a kvetení zlatobýlu v programu Excel	9
Příloha 5: Zápis fytoecologické analýzy	12
Příloha 6: Vzorce a ukázka výpočtů S-W a E indexů v programu Excel	15